

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу діагностики та ремонту
автомобільних шин з дослідженням параметрів керованості транспортних
засобів

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМ-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Олександр АНОШКІН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Іван ГЕВКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«12» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Аношкін Олександр Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу діагностики та ремонту автомобільних шин з дослідженням параметрів керованості транспортних засобів

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » листопада 2024 року № 4/7-1089

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи

двигуна.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Технологічний процес ремонту шин – 2А1.

Обладнання, інструменти та матеріали для ремонту шин – 1А1.

Схема стенду для тестування шин – 2А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	29.12.24р	

Студент

(підпис)

Аношкін Олександр Валерійович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гевко Іван Богданович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу діагностики та ремонту автомобільних шин з дослідженням параметрів керованості транспортних засобів».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра доктор технічних наук, професор Гевко Іван Богданович

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 72 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 1 сторінка додатків.

Ключові слова: керованість, стійкість, аналіз, шум, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Зчеплювальні властивості автомобільних шин.....	7
1.2 Методика визначення коефіцієнта зчеплення в продольному напрямку через буксирування автомобіля.....	8
1.3 Оцінка коефіцієнта зчеплення на дослідницькому стенді.....	9
1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Удосконалення технологічного процесу ремонту шин.....	16
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1 Технічна концепція розробки стенда для тестування шин автомобілів...	33
3.2 Розрахунок конструкції стенда для тестування шин автомобілів.....	39
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	46
4.1 Аналіз площі контакту колеса.....	46
4.2 Нормальне навантаження на шину.....	47
4.3 Навантаження шини бічними силами.....	50
4.4 Бічне зміщення та кут відхилення.....	52
4.5 Бічна сила.....	58
4.6 Характеристики шин та їх вплив на керованість автомобіля.....	64
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	66
5.1 Аналіз причин травматизму на виробництві.....	66
5.2 Проведення санітарної обробки техніки і транспорту.....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному автомобільному транспорті якість та технічний стан шин мають ключове значення для забезпечення безпеки руху, комфортності керування і паливної ефективності транспортних засобів. Автомобільні шини виступають єдиним елементом, який безпосередньо контактує з дорожнім покриттям, і від їх стану залежить не лише зчеплення, але й динамічні характеристики автомобіля, його стійкість та керованість.

В умовах інтенсивної експлуатації транспортних засобів і зростаючих вимог до безпеки виникає потреба в удосконаленні технологічних процесів діагностики та ремонту шин. Зношення, механічні пошкодження та інші дефекти шин не тільки впливають на їх експлуатаційний ресурс, але й є причиною аварійних ситуацій на дорогах.

Особливого значення набуває розробка ефективних методів діагностики, які дозволяють оперативно та точно оцінювати технічний стан шин. Крім того, сучасні технології відновлення і ремонту повинні враховувати як економічні аспекти, так і екологічні виклики, пов'язані з утилізацією зношених шин.

Дослідження впливу технічного стану шин на параметри керованості транспортних засобів є актуальним, оскільки дозволяє оптимізувати їх експлуатаційні характеристики, знизити витрати на обслуговування і підвищити безпеку дорожнього руху.

Метою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення технологічного процесу діагностики та ремонту автомобільних шин із дослідженням їх впливу на параметри керованості транспортних засобів. Для досягнення мети передбачено вирішення завдань, пов'язаних із аналізом сучасних технологій, виявленням їх недоліків, розробкою інноваційних підходів до діагностики та відновлення шин, а також оцінкою впливу стану шин на динамічні показники транспортних засобів.

Таким чином, виконання цього дослідження сприятиме підвищенню ефективності експлуатації транспортних засобів, зниженню їх експлуатаційних витрат і підвищенню рівня безпеки на дорогах.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Зчеплювальні властивості автомобільних шин

Перед початком розробки стенду для випробувань зупинимося на аналізі методів вимірювання коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям. Шини - це критичний елемент автомобіля, відповідальний за безпеку, динаміку руху, зокрема тягу і гальмування, стійкість на дорозі, комфорт під час їзди, тривалість експлуатації та паливну ефективність. Властивості шин, що впливають на їх експлуатацію, такі як зчеплення з поверхнею, амортизаційні та пружні характеристики, а також опір акваплануванню, визначаються під час дорожніх і лабораторних випробувань. Випробування проводяться на спеціалізованих полігонах та загальнодоступних дорогах.

Коефіцієнт зчеплення вимірюється в двох основних напрямках - продольному для оцінки ефективності гальмування та тяги, та поперечному, що важливо для оцінки поведінки автомобіля при поворотах. Ці вимірювання допомагають визначити, наскільки ефективно шина може впоратися з різними умовами дорожнього покриття та забезпечувати необхідну адгезію між колесом і дорогою.

Підходи до вимірювання коефіцієнта зчеплення шин у продольному напрямі:

Фіксація сили зчеплення шин з дорожнім покриттям під час буксирування автомобіля з повністю заблокованими колесами. Цей метод вимагає наявності плоскої, рівної ділянки дороги, де можна безпечно провести буксирування, і зазвичай використовується для вимірювання максимальної сили зчеплення, яку шина може забезпечити.

Використання спеціалізованого тестового стенду, що дозволяє імітувати різні умови дорожнього покриття і навантаження на шину. Такі стенди дозволяють точно контролювати змінні експерименту та забезпечують повторюваність результатів. Вони особливо корисні для дослідження властивостей шин на різних типах поверхонь і за різних погодних умов.

Визначення коефіцієнта зчеплення у поперечному напрямі здійснюється за допомогою спеціалізованого тестування на стенді. Це дозволяє оцінити, наскільки ефективно шина може впоратись з бічними навантаженнями, які виникають при русі автомобіля на поворотах або при зміні смуг руху.

Додаткові техніки для оцінки експлуатаційних параметрів автомобільних шин:

Аналіз температурних характеристик шин. Шини реагують на зміни температури, що впливає на їх зчеплення з дорогою. Вимірювання зміни зчеплення шини при різних температурах допомагає визначити її ефективність в різних кліматичних умовах.

Дослідження впливу зносу на зчеплення. Із збільшенням відстані, пройденої шиною, її зчеплення з дорожнім покриттям погіршується через знос протектора. Аналізування змін у коефіцієнті зчеплення в залежності від ступеня зносу шини важливе для безпеки руху.

Випробування на стійкість до аквапланування. Ці тести допомагають визначити, наскільки ефективно шина може виводити воду з-під колеса при їзді по мокрій дорозі, що є критичним для підтримання контролю над автомобілем.

Ці методики разом забезпечують комплексний підхід до оцінки якості та безпеки автомобільних шин в різних експлуатаційних умовах.

1.2 Методика визначення коефіцієнта зчеплення в продольному напрямку через буксирування автомобіля

Для проведення цього дослідження слід вибрати рівну горизонтальну ділянку дороги, зчеплення з якою потрібно оцінити. Автомобіль, оснащений тестовими шинами, перед проведенням експерименту повинен бути підданий процесу обкатки та прогріву на день проведення випробувань. Умови навколишнього середовища, такі як температура повітря, швидкість вітру і стан дорожнього покриття, мають бути відповідні до вимог дослідницької програми.

Спочатку фіксується вага автомобіля, до якого прикріплюється динамометр для вимірювання сили зчеплення шин з дорогою. Потім автомобіль, колеса якого заблоковані за допомогою гальмівної системи,

буксирується трактором, як показано на рисунку 1. Показники динамометра знімаються тричі при буксируванні машини в обидва напрямки на вибраному ділянці дороги. Для розрахунку коефіцієнта зчеплення обчислюється середнє значення сили зчеплення, на основі якого за формулою визначається коефіцієнт зчеплення колеса з дорожньою поверхнею.

$$\varphi = \frac{P_{\varphi}}{G_a} \quad (1.1)$$

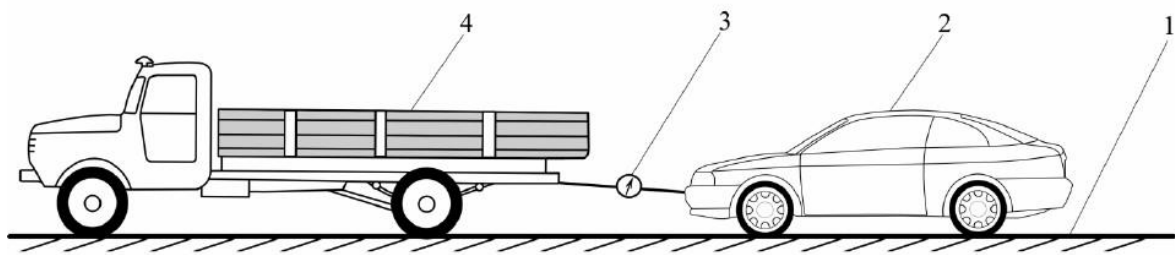


Рис.1.1. Рисунок 1 – Визначення сили зчеплення між автомобільними шинами та дорожнім покриттям:

1 – опорна поверхня; 2 – автомобіль, що тестується; 3 – динамометр; 4 – тягач.

Н.С. Соломатін зазначає що при виконанні тестів на опорних поверхнях з обмеженою несучою спроможністю, таких як пісок, сніг, оброблена земля чи мокрий ґрунт, важливо правильно вибрати тягач таким чином, щоб шини досліджуваного автомобіля не залишались в коліях тягача. Кожен прохід повинен здійснюватися на не використаній раніше ділянці опорної поверхні.

1.3 Оцінка коефіцієнта зчеплення на дослідницькому стенді

Коефіцієнт зчеплення, встановлений на стенді, актуальний лише для конкретного типу опорної поверхні, яка використовується під час тестування. Схема цього стенду демонструється на рисунку 1.2. В ході випробувань шина, встановлена на колесі, притискається до опорної поверхні із силою F_z , розрахункову величину якої визначають згідно з вагою автомобіля або спеціально встановленими параметрами дослідження. Блокування колеса забезпечується для попередження його вільного обертання.

Для фіксації коефіцієнта зчеплення у продольному напрямку до опорної плити прикладається горизонтальна сила, і коли починається ковзання шини, визначається пікова сила F_x , як показано на схемі рисунка 1.2а.

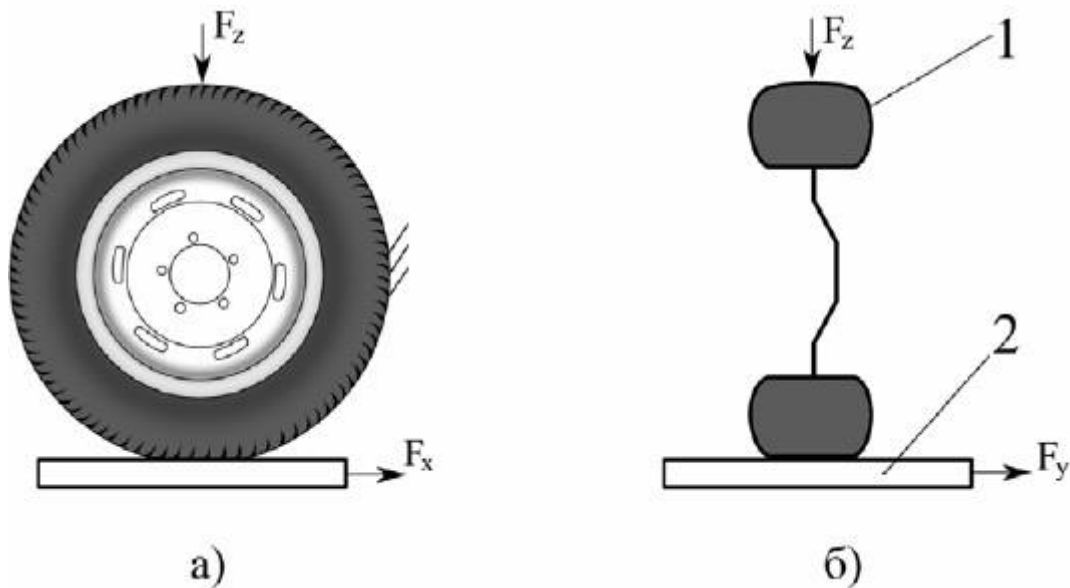


Рис. 1.2. Схематичне зображення стенду для оцінки коефіцієнта зчеплення шини автомобіля:

1 – тестована шина; 2 – опорна поверхня.

Для оцінки коефіцієнта зчеплення у поперечному напрямку на шину разом із колесом діє вертикальне навантаження F_z , що відповідає стандартному розподілу ваги автомобіля або встановленим умовам дослідження. На опорну плиту стенду у поперечному напрямку діє сила F_y , і в момент, коли шина починає ковзати, здійснюється вимірювання сили F_y , згідно з ілюстрацією на рисунку 1.2б.

Коефіцієнти зчеплення шини з дорожнім покриттям при мінімальній швидкості ковзання розраховуються наступним чином:

у повздовжньому напрямку:

$$\varphi_x = \frac{F_x}{F_z} \quad (1.2)$$

в поперечному напрямку:

$$\varphi_y = \frac{F_y}{F_z} \quad (1.3)$$

Варіанти покриття опорної поверхні є численними та різноманітними: від звичайного ґрунту до асфальту та бетону, кожен з яких має свої унікальні характеристики.

Після аналізу основних технік визначення коефіцієнта зчеплення, розглянемо суть цього поняття та фактори, які на нього впливають. Здатність автомобільних коліс при стандартному навантаженні передавати та отримувати дотичні сили під час руху по дорозі є ключовим аспектом, що дозволяє транспортному засобу ефективно переміщатися. Висока якість зчеплення колеса з дорожнім покриттям сприяє підвищенню безпеки руху. Оцінювання цієї властивості здійснюється через коефіцієнт зчеплення φ , який визначається як відношення максимальної дотичної реакції на ділянці контакту $T_{\max}$ до нормального навантаження G_k або до сили реакції, що впливає на колесо.

$$\varphi = \frac{T_{\max}}{G_k} \quad (1.4)$$

Визначають дві основні категорії коефіцієнта зчеплення колеса під час його обертання: при відсутності буксування чи ковзання та під час буксування або ковзання; також важливим є коефіцієнт зчеплення у поперечній площині при бічному ковзанні колеса. Коефіцієнт зчеплення без буксування чи ковзання класифікують як статичний коефіцієнт зчеплення. Якщо буксування або ковзання досягають оптимальних рівнів, коефіцієнт зчеплення набуває властивостей статичного коефіцієнта тертя.

Однак, при цьому відбувається ковзання елементів протектора в межах контурної лінії контактної ділянки. Статичний коефіцієнт зчеплення перевищує коефіцієнт зчеплення при ковзанні та заносі. У звичайних шинах коефіцієнт зчеплення при буксуванні на 20-25% нижчий, ніж при статичному зчепленні.

Контакт автомобільної шини з твердою дорожньою поверхнею можна описати через дві основні компоненти тертя: деформаційну та молекулярну. Перша пов'язана з проникненням нерівностей дорожнього покриття в структуру протектора, що ефективно запобігає ковзанню шини, а друга виникає внаслідок молекулярної взаємодії на контактній поверхні між шиною та дорогою. Ці явища також відомі як гістерезис та адгезія.

Адгезія, яка є результатом молекулярного з'єднання між гумою шини та асфальтом, особливо ефективна на сухій поверхні, однак її ефективність різко падає на мокрому асфальті. Внаслідок цього під час дощової погоди спостерігається зниження коефіцієнта зчеплення шини з дорожнім покриттям.

Для зрозуміння впливу гістерезису на адгезію шини до дорожньої поверхні важливо розуміти саме явище гістерезису. У контексті шин гістерезис описує здатність гуми до відновлення своєї первісної форми після деформації, проте з певною затримкою. Наприклад, при впливі на протектор шини з низьким рівнем гістерезису гума швидко повертається до свого первісного стану. У випадку з високим рівнем гістерезису вм'ятини на протекторі залишаються видимими декілька секунд, повернення до нормального стану відбувається значно повільніше.

Розглянемо зв'язок між гістерезисом та зчепленням. Під час деформації шина збирає потенційну енергію, яка потім вивільняється при її поверненні до нейтрального стану. У процесі гістерезису частина цієї енергії втрачається, перетворюючись у тепло, тому коли тиск знімається, між протектором та дорогою виникає сила опору. Проте, точні механізми формування цієї сили залишаються не повністю вивченими.

Оглянемо рисунок 1.3, де ілюструється ковзання між гумою та нерівною поверхнею. У ситуаціях, коли шина повільно повертається до свого первісного стану після проходження нерівностей, як це відбувається при високому гістерезисі, вона не може ефективно тиснути на долини цих нерівностей, адже основний тиск виявляється на їхніх вершинах. Така різниця у тиску між верхніми та нижніми частинами нерівностей створює сили тертя, що зберігаються навіть на змащених поверхнях. Механізм, який описує цей процес, детально представлений на рисунку 1.3, який був вперше представлений у книзі автора Хейні.

З наростанням розміру контактної зони збільшується кількість мікрОВипуклостей, які захоплює відбиток шини, що сприяє зростанню коефіцієнта зчеплення. Основні фактори, що впливають на коефіцієнт зчеплення, включають: якість опорної поверхні, стан та конструкцію шин,

швидкість руху, вертикальне навантаження на колесо, тиск у шинах та температуру в зоні контакту.



Рис. 1.3. Гістерезис під час ковзання шини.

Найвищі значення коефіцієнта зчеплення спостерігаються на сухих дорогах з міцними цементобетонними та асфальтобетонними покриттями. Знос покриття з часом погіршує його зчепні властивості. Найнижчі показники коефіцієнта зчеплення характерні для обледенілих, засніжених та мокрих дорожніх поверхонь, проте мокрий пісок становить виняток, адже він ущільнюється та передає значні дотичні сили.

Конструктивні особливості, такі як розміри колеса та малюнок протектора, мають значний вплив на коефіцієнт зчеплення. Збільшення діаметра та ширини бігової доріжки колеса сприяє невеликому підвищенню коефіцієнта зчеплення на сухих твердих покриттях завдяки розширенню площі контактної плями.

Малюнок протектора відіграє ключову роль у визначенні коефіцієнта зчеплення шини. На мокрих, засніжених, та обледенілих асфальтових дорогах найменше зчеплення спостерігається у шин з гладким протектором. Протектори з дрібними поділами, сформованими у вигляді повздовжніх ребер та шашок, забезпечують оптимальний коефіцієнт тертя на твердих та сухих дорогах. Здатність шини видаляти бруд та вологу з зони контактної плями значно підвищує зчеплення на твердих мокрих дорогах, особливо коли протектор має повздовжніх ребра, розділені нарізами під кутом сорок п'ять градусів.

На слизьких поверхнях встановлення шипів для протиковзання та використання гуми спеціального складу можуть збільшити коефіцієнт зчеплення у 1,5-2 рази. Шини з високими ґрунтозачепами є необхідними для автомобілів, що експлуатуються на деформованих покриттях. Такі шини мають високу ступінь поділеності протектора і малюнок у вигляді косої ялинки, що сприяє самоочищенню від мокрого ґрунту та снігу.

Темп руху транспортного засобу має значний вплив на рівень коефіцієнта зчеплення. На дорожніх покриттях з твердою сухою поверхнею з підвищенням швидкості відбувається зниження коефіцієнта зчеплення, оскільки гума під час швидкого руху втрачає здатність швидко повертатися до свого первісного стану, що призводить до недостатнього внедрення протектора в мікровиступи дороги, чим слабшає зчеплення.

На асфальтованих дорогах температура шин значно впливає на коефіцієнт зчеплення. З підвищенням температури шини коефіцієнт зчеплення зростає, оскільки гума стає більш м'якою, що забезпечує краще прилягання до нерівностей дорожньої поверхні, підсилюючи зчеплення.

Тиск у шинах та вага, що діє на колесо, суттєво впливають на зчеплення шин з дорогою. З підвищенням тиску в шинах на сухій та чистій поверхні, коефіцієнт зчеплення падає через зменшення контактної площі. Проте, на вологих покриттях більший тиск сприяє ефективнішому видаленню бруду та води з-під шин, що призводить до підвищення коефіцієнта зчеплення.

Із збільшенням навантаження на колесо на сухих твердих покриттях спостерігається зниження коефіцієнта зчеплення, оскільки збільшення тиску зменшує коефіцієнт тертя гуми. На льоду та снігу збільшення ваги на колесо

веде до більшого відносного зростання коефіцієнта зчеплення порівняно з асфальтобетонними покриттями. На мокрих та забруднених дорогах більше навантаження допомагає покращити зчеплення шини з дорогою.

З аналізу літературних джерел випливає, що середні значення коефіцієнтів зчеплення у повздовжньому напрямку значно варіюються в залежності від типових дорожніх умов, при стандартному вертикальному навантаженні та атмосферному тиску, а також при низькій швидкості руху колеса в умовах його повного ковзання. Нижчі показники характерні для шин, які працюють під високим тиском, тоді як вищі показники спостерігаються у шин з низьким тиском.

1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Розробити та дослідити стенд для тестування шин автомобілів, а також удосконалити технологічний процес їх ремонту для підвищення ефективності використання та надійності автомобільних шин.

Проаналізувати існуючі технології ремонту шин. Розробити пропозиції щодо оптимізації процесів ремонту з використанням сучасних матеріалів і технологій.

Визначити технічні вимоги та особливості конструкції стенда. Розробити концептуальні схеми стенда. Виконати необхідні інженерні розрахунки для забезпечення міцності та надійності стенда. Обрати матеріали та компоненти для виготовлення стенда.

Дослідити як площа контакту шини з дорожнім покриттям впливає на зчеплення. Аналізувати нормальне навантаження та його вплив на знос шини. Вивчити вплив бічних сил на шину та її деформацію. Дослідити, як зміна бічних сил та кута відхилення впливає на поведінку автомобіля на дорозі. Визначити ключові характеристики шин, які впливають на керуваність та безпеку водіння. [1]

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Удосконалення технологічного процесу ремонту шин

1 Процедура очищення внутрішнього шару шини.



Завжди використовуйте захисні окуляри та робочі рукавички для безпеки.

Змочіть ремонтну ділянку та прилеглі ареали на шині за допомогою очищувальної рідини «Ліквід Баффер».

Негайно очистіть обрану ділянку використовуючи шинний скребок.

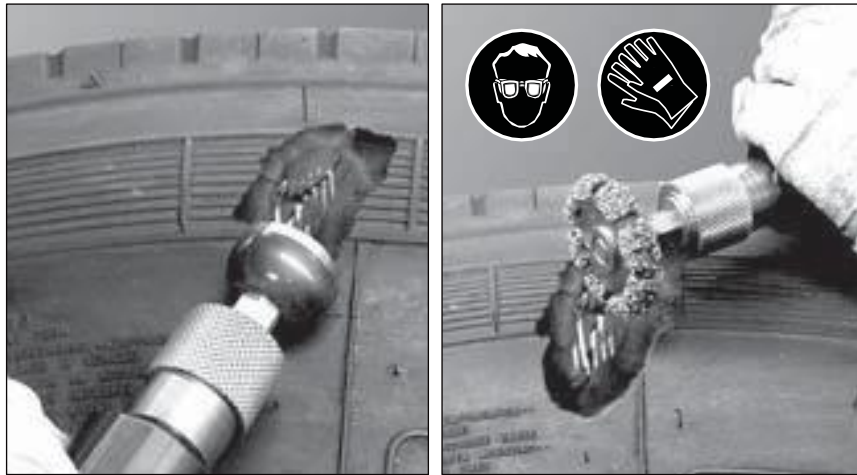
Детально видаліть всі забруднення за допомогою пилососу або гідропилососу.



Цей процес передбачає повне видалення таких роздільних матеріалів як силікон і графіт з внутрішнього шару шини. Рекомендується зіскоблити трішки більшу площу, ніж потрібно для монтажу латки.

2 Техніка ремонту пошкоджень гуми.

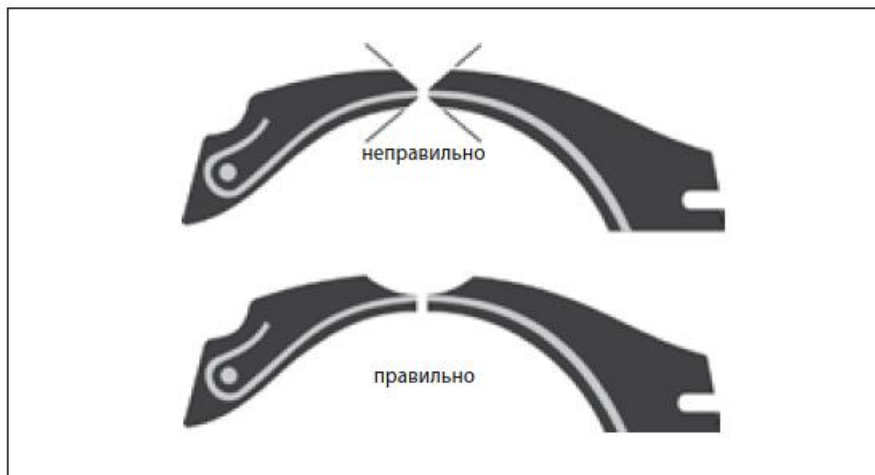
Виріжте ушкоджене місце на гумі за допомогою конічного ножа та дайте йому вогнуту форму за допомогою абразивного кільця.



Під час обробки біля сталевго корду використовуйте проволочну щітку у пластиковій оболонці, щоб запобігти пошкодженню сталевго або текстильного корду.

Видаліть гумовий пил за допомогою м'якої щітки, щоб краще відслідковувати ремонт.

Зауваження: Працюйте закругленою частиною шерохувальних інструментів для надання пошкодженій ділянці правильної форми. Уникайте залишення гострих країв на обробленій поверхні гуми.



3 Виявлення ушкоджень на шині.

Зробіть надріз радіальним ножом.

Виконайте надріз між відкритими дротами сталевго корду, якнайближче вздовж пошкодженої (або зламаної) частини. Видаліть дроти за допомогою високооборотної обертової фрези. Переріжте дроти сталевго корду високооборотною НМ-фрезою Ø 3 мм, при необхідності використайте адаптер

для цангового зажиму 3/6 мм. Будьте обережні, щоб не пошкодити неушкоджені дроти корду. Повністю видаліть пошкоджені матеріали у зоні протектора за допомогою високооборотної НМ-фрези Ø 6 мм.



При пошкодженнях протектора повністю видаліть зламані, іржаві та пошкоджені шари (сталевий) корду, а також відшарування. Мінімізуйте обробку зони пошкодження, щоб зберегти максимальну структурну стабільність шини. Намагайтеся зберегти форму пошкодження круглою, виконуючи постійні кругові рухи високооборотного шерохувального пневмодвигуна.

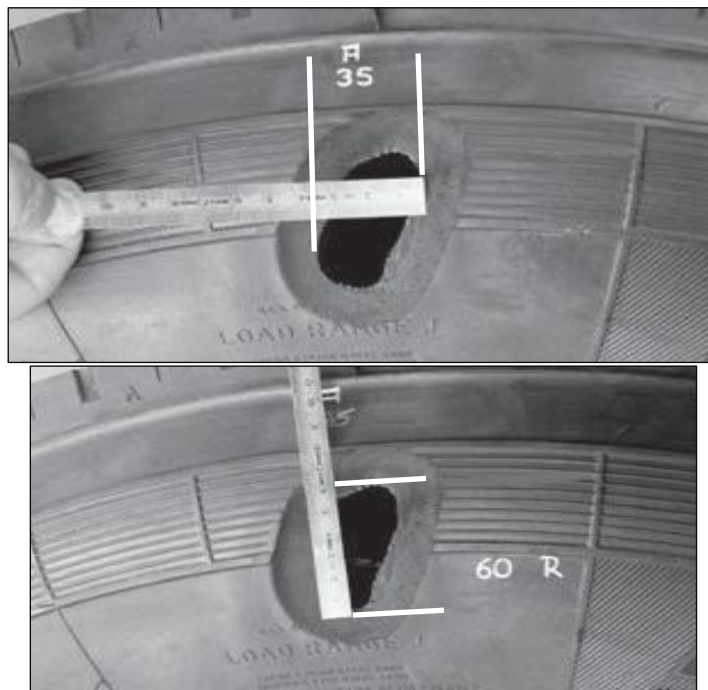
Заточіть сталевий корд. Після видалення пошкодженого матеріалу заточіть кінці сталевий корду за допомогою високооборотного насадження для тонкого оброблення так, щоб вони повністю були вбудовані в гуму.

Очистіть зону пошкодження. Легко очистіть краї пошкодження з зовнішньої та внутрішньої сторін за допомогою шерохувальної щітки.

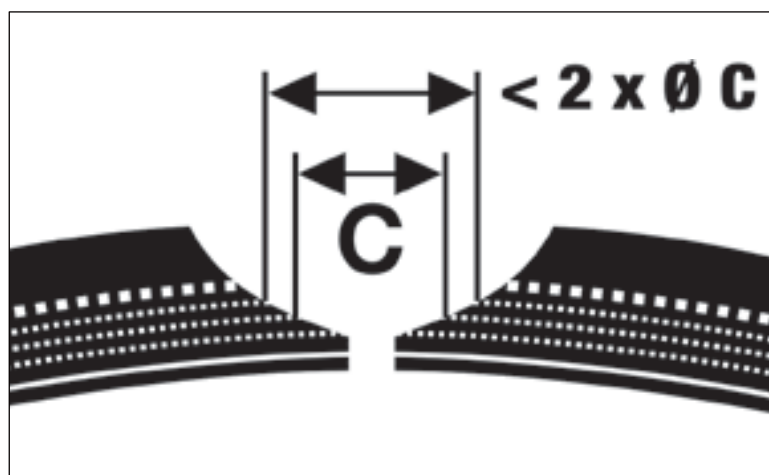
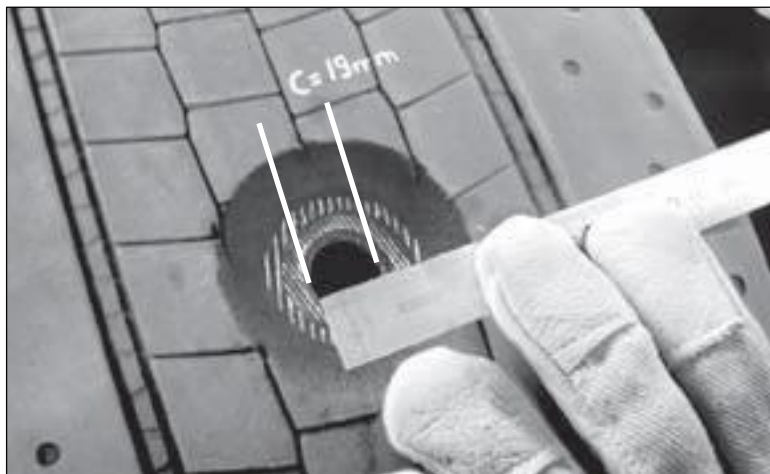


4 Визначення розмірів ушкоджень і вибір ремонтних матеріалів.

Для бічних пошкоджень: виміряйте аксіальний розмір (A) та радіальний розмір (R).



Для пошкоджень протектора: визначте максимальний діаметр ушкодження ($\varnothing$ C) у третьому зверху шарі корда.



У разі проникаючих пошкоджень протектора: двократний діаметр $\varnothing C$ є максимально допустимим для другого шару. Більш значні пошкодження ремонту не підлягають. Для непроникаючих пошкоджень протектора: з третього пошкодженого шару брекера необхідне накладання латки. Для пошкоджень плечової зони: слід враховувати розміри A , R та $\varnothing C$. У разі пошкоджень, розташованих на краю брекера плечової зони, використовуйте параметр $\varnothing C$ і зверніться до відповідної секції ремонтної таблиці. Якщо пошкодження плечової зони також простягається на боковину, важливо виміряти $A \times R$, при цьому A не має перевищувати $\varnothing C$ для плечової зони.

Виберіть підходящу латку з актуальної таблиці РЕМА ТИП ТОП РАДІАЛЬ.

Зазначте на шині розміри пошкодження і номер розміру латки за допомогою крейди.

Таблиці ремонтних матеріалів дозволяють встановити кореляцію між розміром шини, місцем та розміром ушкодження і потрібним ремонтним

матеріалом. Регулярне використання цих таблиць забезпечить необхідний досвід для їх правильного читання.

5 Облаштування внутрішнього покриття колеса.

Здійсніть очищення зони ушкодження за допомогою латунної щітки.



Забезпечте повне видалення забруднень за допомогою пирососа чи гідропирососа.



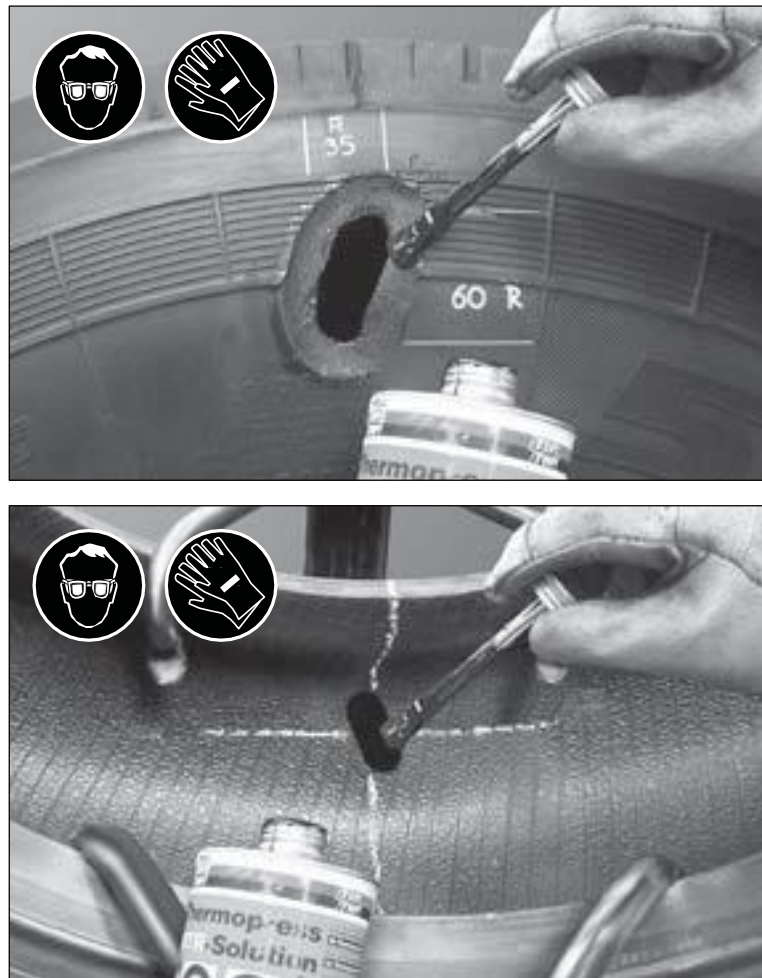
Перевірте наявність забруднень у лійці пошкодження зовнішньої сторони шини. У випадку виявлення забруднень дбайливо очистіть лійку спочатку дротяною щіткою у пластиковому корпусі, потім латунною щіткою, а на завершення видаліть гумовий пил за допомогою пирососа чи гідропирососа.

Вимірювання глибини пошкодження є обов'язковим, оскільки воно потрібно в залежності від типу використовуваного вулканізаційного обладнання.

6 Нанесення спеціального розчину.

Ретельно інспекуйте ремонтвану зону з обох сторін на предмет чистоти.

Акуратно нанесіть розчин «МТР Солюшн» на зовнішню частину шини, а потім - на внутрішній сегмент.



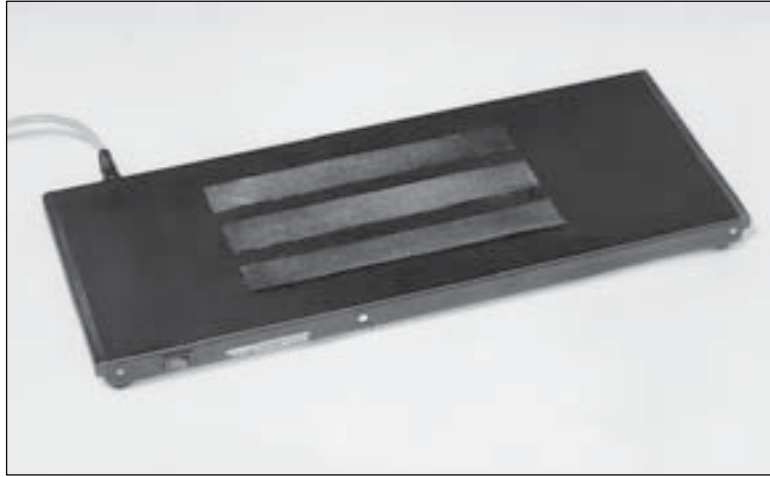
Залиште розчин сохнути протягом мінімум 15 хвилин.

Уникайте штучного прискорення процесу висихання розчину. Проте, для покращення сушіння, можливо розмістити оброблену ділянку у положенні «3 години» чи «9 годин».

Перед поверненням ремонтваної ділянки до вихідного стану після завершення сушіння переконайтесь, що на внутрішній стороні шини не залишилося осипаного гумового пилу.

7 Реставрація ушкодженого сегмента колеса.

Відріжьте дві стрічки ремонтної гуми «МТР Раббер», нагрійте їх та зафіксуйте усередині шини.

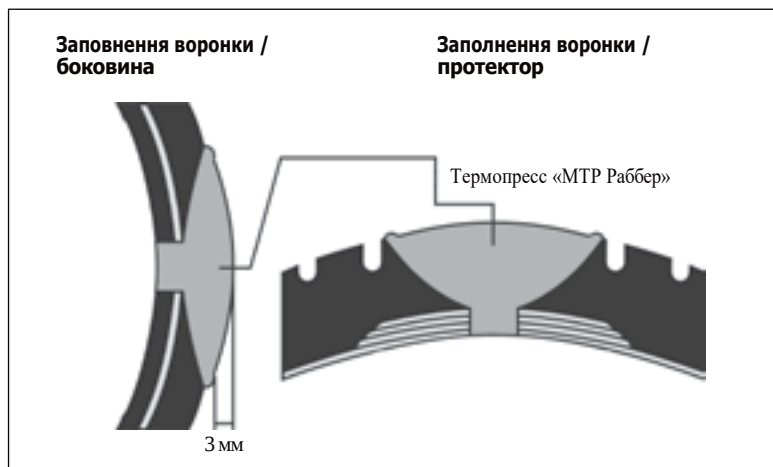


Використовуючи екструдер, введіть гумовий шнур «МТР Раббер» безпосередньо в зону пошкодження. Альтернативний метод: Заповніть пошкодження шиною «МТР Раббер». Відріжте необхідну кількість гуми, підігрійте та прикатайте на зовнішній бік шини.



Завжди прикочуйте гуму щільно, щоб уникнути утворення повітряних бульбашок.

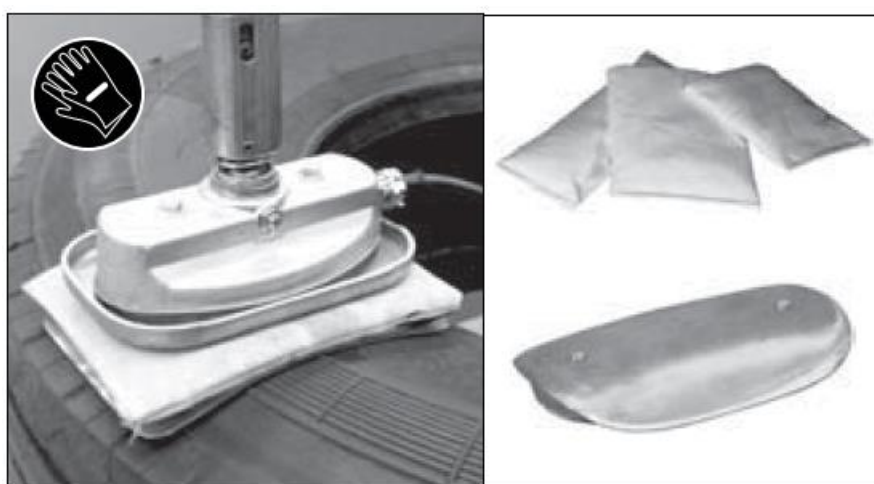
Воронка заповнення має виступати на 2-3 мм для забезпечення компенсації усадки матеріалу при вулканізації.



Покрийте заповнену воронку розчином «МТР Солюшн» з обох боків, після чого негайно накрийте термостійкою плівкою, аби запобігти приставанню забруднень чи елементів обладнання до гуми.

8 Процес вулканізації заповнення пошкодження.

Проведення вулканізації: Використовуйте формувальний вулканізатор або еквівалентну систему для виконання вулканізації.



Завжди дотримуйтеся рекомендацій виробника обладнання щодо налаштувань і режиму роботи.

Контурне вирівнювання: Під час вулканізації використовуйте контурні накладки та подушки для вирівнювання тиску, щоб забезпечити збереження геометрії шини.

Оцінка якості вулканізації: Після завершення процесу перевірте стан вулканізації.



Для перевірки втисніть шило в матеріал заповнення:

Якщо шило залишає постійний слід, це свідчить про неповне завершення вулканізації, і процедуру потрібно повторити.

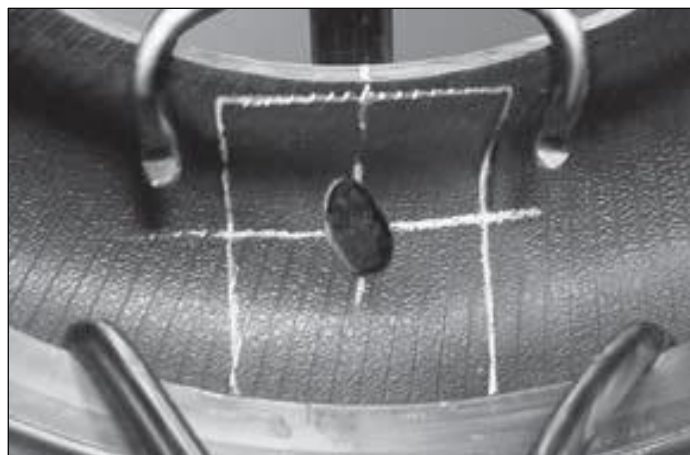
При виявленні повітряних або газових включень ремонтні роботи слід виконати повторно.

Охолодження шини: Після успішної вулканізації дайте шині повністю охолонути до температури навколишнього середовища перед подальшим використанням.

9 Підготовка іннерлайнера шляхом очищення.

Попередня підготовка: Розслабте борти шини, переконавшись, що вони не знаходяться під натягом або стисканням. Це дозволить уникнути пошкодження під час подальших етапів.

Розмітка ділянки: Використовуючи шаблони пластирів, нанесіть маркером або крейдою межі ремонтуваної ділянки іннерлайнера.



Шаблони дозволяють точно визначити місце для встановлення пластиря, забезпечуючи правильне позиціонування.

Намалюйте допоміжні лінії, що проходять через центр ремонтованої ділянки, з виходом за межі області для пластиря.

Очищення: При необхідності видаліть залишкові забруднення на ремонтованій ділянці. Після цього відновіть розмітку, якщо це потрібно.

Шліфування: Для обробки поверхні використовуйте контурний диск K36.



Видаліть усі виступи на поверхні, забезпечуючи гладкість і рівність.

Працюйте без зайвого натискання на інструмент, постійно рухаючи його, щоб уникнути перегріву та пошкодження гуми.

Контурний диск K36 забезпечує рівномірну шорсткість, яка відповідає стандарту RMA 3, рекомендованому для приклеювання пластирів.

У разі виявлення пошкоджень іннерлайнера (наприклад, відшарувань, м'яких або розмазуваних ділянок), матеріал іннерлайнера слід повністю видалити перед встановленням пластиря.

Очищення та нанесення клею на іннерлайнер

Перед нанесенням клею обробіть поверхню іннерлайнера за допомогою латунної щітки, усуваючи гумовий пил за допомогою пилососа або гідропилососа.



Використання стисненого повітря для видалення пилу категорично заборонено, оскільки це може призвести до розповсюдження забруднень. Для якісного очищення використовуйте лише пилосос разом із латунною щіткою.

На підготовлену ділянку іннерлайнера нанесіть клей-цемент «Спешиэл Симент Блау».



Забезпечте рівномірне нанесення клею на всю площу обробленої поверхні шини.

Для поліпшення висихання поверніть ремонтвану ділянку у положення «3 години» або «9 годин».

Залиште нанесений шар для висихання на період від 10 до 45 хвилин.

Якщо потрібне повторне нанесення клею, важливо дотриматися рекомендованого часу висихання перед установкою пластиря (10–45 хвилин).

При використанні пасти «Спешиэл Симент Блау-Ікс» (515 9420) час висихання клею можна зменшити до 3–4 хвилин, що підвищує ефективність процесу.

10 Видалення іннерлайнера (у разі необхідності).

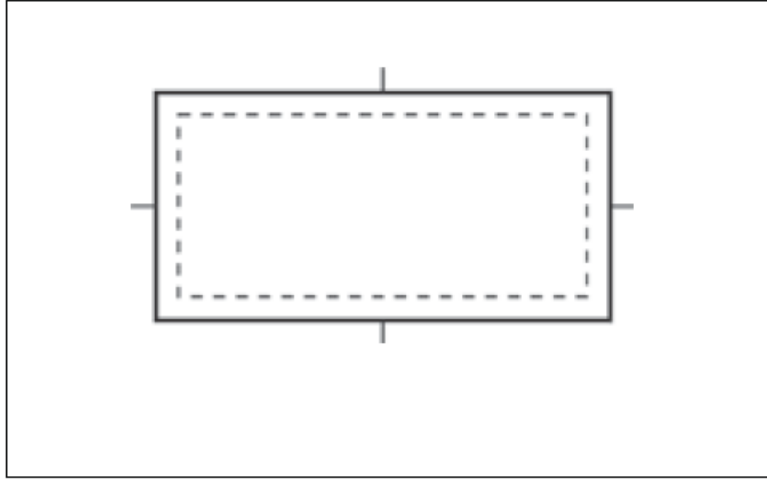
Якщо під час перевірки виявлено пошкодження іннерлайнера, такі як відшарування, м'які або маслянисті ділянки, необхідно повністю видалити іннерлайнер у зоні встановлення пластиру.

Етапи виконання роботи

Виберіть відповідний пластир і помістіть його на пошкоджену ділянку.

За допомогою маркера чи крейди обведіть контур пластиру на поверхні іннерлайнера.

Зніміть пластир і намітьте другий контур усередині першого, змістивши його на 20 мм до центру.

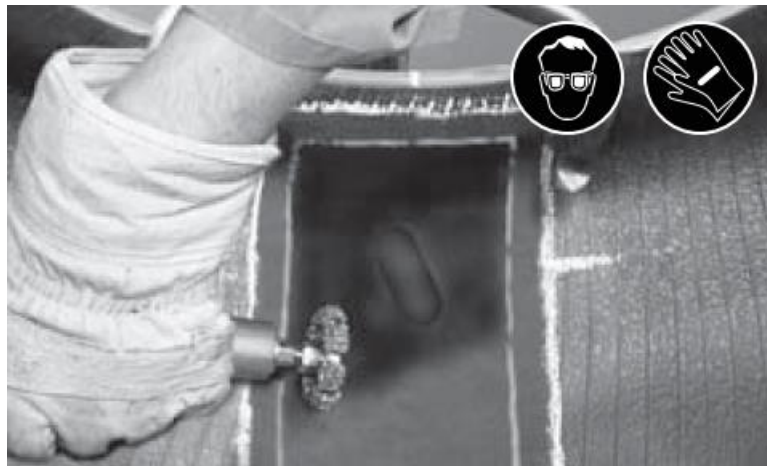


За допомогою контурного диска Ø 65 мм ретельно видаліть іннерлайнер у межах внутрішнього контуру.

Під час роботи постійно очищуйте зону пилососом або гідропилососом, щоб видалити гумовий пил.

Слідкуйте, щоб при цьому не було пошкоджено гумове покриття радіального каркаса шини.

Обробіть залишену крайку іннерлайнера шириною 20 мм для забезпечення плавного переходу між поверхнями.



Працюйте з інструментом у правильному напрямку, щоб уникнути пошкодження країв. Уникайте роботи в напрямку, протилежному до краю іннерлайнера.

Завершальне очищення та нанесення клею:

Повністю видаліть гумовий пил за допомогою пилососа або гідропилососа.

Рівномірно нанесіть один шар клею-цементу «Спешиэл Симент Блау» на зачищену внутрішню поверхню шини.

Залиште клей сохнути на 10–45 хвилин, розташувавши ремонтвану ділянку в положенні «3 години» або «9 годин».

Дублювання пластиру – обов'язкова процедура у випадку видалення іннерлайнера!

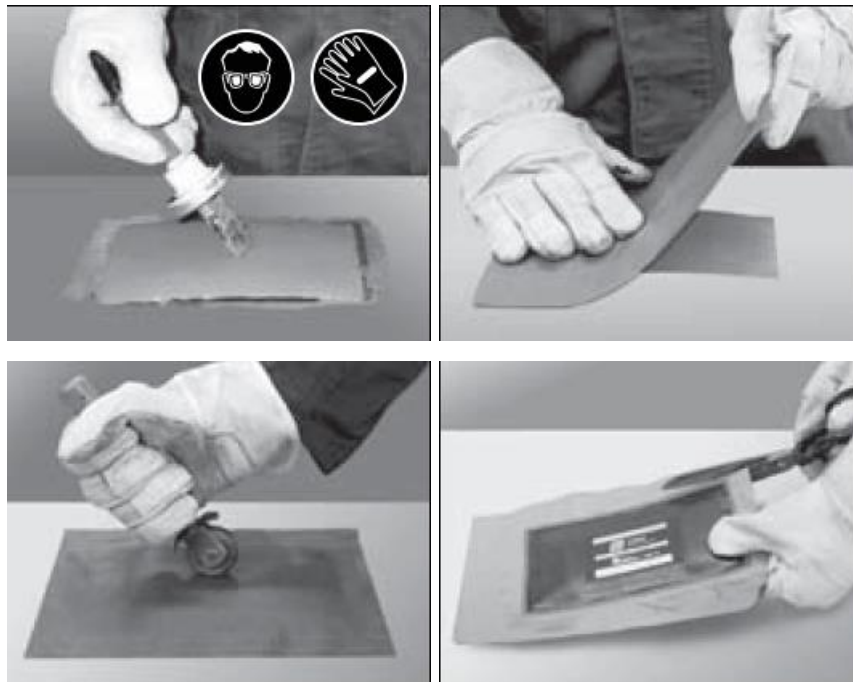
Нанесення клею та приклеювання з'єднувальної гуми:

Покрийте поверхню пластиру шаром клею-цементу «Спешиэл Смент Блау».

Дотримуйтеся часу висихання: 10–45 хвилин залежно від умов.

Після висихання акуратно накладіть один шар з'єднувальної гуми SV на пластир.

Використовуйте широкий ролик для прикатування, щоб забезпечити рівномірне приклеювання матеріалу.



Виріжте з'єднувальну гуму так, щоб вона виступала за межі пластиру на 5–6 мм. Це забезпечить додатковий захист країв.

Розріжте захисну плівку рівно посередині, не пошкоджуючи шар з'єднувальної гуми.

Це дозволить зберегти структурну цілісність шару гуми під час подальшого монтажу.

Використовуйте клей та гуму лише відповідно до технічних інструкцій виробника.

Забезпечте чистоту поверхні перед початком нанесення матеріалів.

11 Монтаж пластиру.

Перед початком роботи розслабте борти шини, усунувши будь-які натягнення чи стискання, які можуть завадити монтажу.

Розташуйте зону пошкодження в позиції «6 годин», що забезпечує зручний доступ для виконання операцій.

Перевірте стан нанесеного клею, торкаючись його зворотною стороною пальця. Клей повинен бути підсохлим, але зберігати легку липкість, що вказує на готовність до монтажу.



Зніміть захисну плівку з пластиру, але тимчасово накрийте її назад, щоб уникнути забруднення адгезійного шару.

Використовуючи допоміжні розмічувальні лінії, точно центрируйте пластр на пошкодженій зоні.

Повторно зніміть захисну плівку, починаючи з середини пластиру, і обережно прикочуйте його ролик від центру до країв, забезпечуючи рівномірне прилягання до поверхні.

Переконайтеся, що вся площа пластиру надійно зафіксована та не містить повітряних кишень.

Ретельно обробіть та прикочуйте краї пластиру, щоб запобігти можливому відшаруванню в процесі експлуатації.

Використовуючи маркер, нанесіть на поверхню пластиру всі необхідні дані, такі як дата виконання ремонту, тип пластиру або інші технічні позначення.

Застосування герметика для захисту пластиру.

Нанесіть герметик «Іннерлайнер Сілер» на краї встановленого пластиру.



Для забезпечення максимальної герметичності та захисту оброблених герметиком не лише країв пластиру, але й усі зачищені зони навколо нього.

При використанні систем вулканізації, що включають внутрішні та зовнішні оболонки (envelopes) або нагрівальні рукави, доцільно посипати шар герметика «Іннерлайнер Сілер» тальком. Це дозволить уникнути склеювання оболонок або рукавів із гумовими поверхнями.

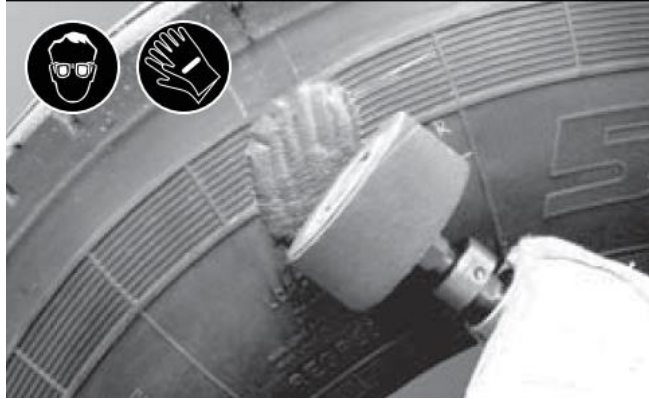


Ця процедура гарантує довговічність ремонту та збереження структурної цілісності шини.

12 Фінальний контроль після ремонту шини.

Зовнішню частину ремонтної зони обробіть за допомогою контурного диска Ø 65 мм для видалення нерівностей.

Завершіть обробку за допомогою шліфувального набору ES75 з дрібнозернистою насадкою, що забезпечить рівномірність та гладкість поверхні.



Виконайте шліфування заповнення воронки так, щоб її контур відповідав оригінальній геометрії шини. Для зняття надлишкової товщини використовуйте контурний диск, але для фінальної обробки краще підійде дрібнозернистий шліфувальний інструмент.

Перевірте стан шини, включаючи внутрішню сторону та поверхню ремонтного пластиру, щоб упевнитися в їхній цілісності.

У разі необхідності відновіть початковий профіль протектора, використовуючи апарат для профілювання «РАББЕР КАТ» і набір ножів для його формування.



Для повної самовулканізації пластиря необхідно забезпечити 24 години витримки за температури не менше 18° C (65° F).

Під час роботи з нагрітими елементами обладнання обов'язково використовуйте захисні рукавички для уникнення опіків.

Ця адаптована процедура гарантує надійність виконаного ремонту та повну функціональність шини, що забезпечує її тривалу експлуатацію та безпеку.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічна концепція розробки стенда для тестування шин автомобілів

Згідно з вимогами технічного завдання, розробка стенда для тестування шин передбачає створення кількох варіантів компоновки обладнання.

Необхідно проаналізувати запропоновані конструктивні рішення стенда, щоб обрати оптимальний варіант, який максимально відповідатиме поставленим завданням. (див. рисунки 3.1, 3.2).

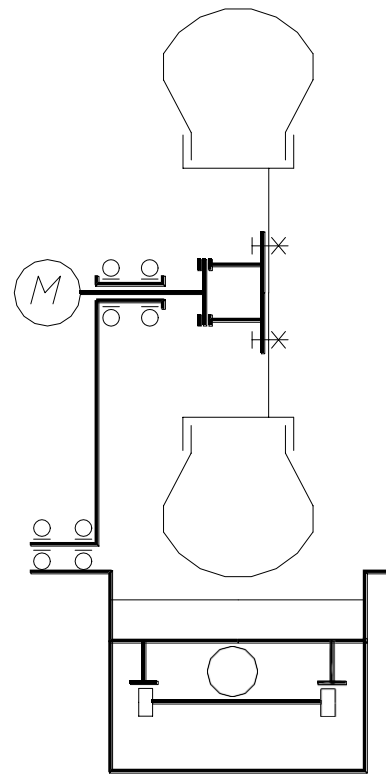
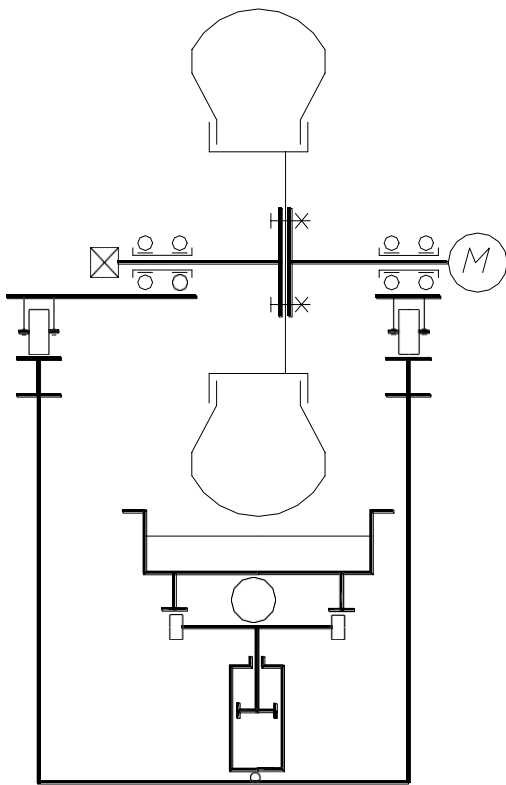


Рис. 3.1. Перший варіант компоновки. Рис. 3.2. Другий варіант компоновки.

Перший варіант компоновки передбачає реалізацію конструкції, де механізмом для регулювання кута повороту колеса з шиною слугує поворотний круг. Саме колесо закріплюється за допомогою двох півосей. [5]

Одним із суттєвих недоліків цього рішення є складність монтажу колеса, оскільки для його встановлення необхідно змістити одну з півосей убік. Це вимагає додаткових ресурсів на організацію шліцьового вузла.

Ще одним недоліком є підйомна ванна, яка потребує складної системи підйому, що включає циліндр або інший підйомний вузол. Це ускладнює процес калібрування навантажувальної системи для кожного типу коліс.

Крім того, конструкція характеризується високою металомісткістю, що значно збільшує витрати на її виготовлення та монтаж. Це робить даний варіант менш економічно вигідним у порівнянні з іншими можливими рішеннями.

У другому варіанті компоновки передбачено консольне кріплення колеса з шиною на осі. Це рішення суттєво спрощує процес установки та демонтажу об'єкта, що випробовується. [6]

Для забезпечення регулювання кута повороту колеса, необхідного для імітації гальмівного режиму з боковим зміщенням, пропонується використання гвинтового механізму (його конструкція не показана). Кріплення колеса передбачає можливість його обертання навколо вертикальної осі.

Таке конструктивне рішення дозволяє знизити металомісткість стенда, оскільки зникає потреба у виготовленні бігової доріжки для поворотного механізму. Колесо встановлюється на обертовій штанзі, що забезпечує:

можливість закріплення шин різних типорозмірів;

реалізацію різних режимів навантаження, використовуючи гідроциліндр меншої потужності.

З огляду на переваги, остаточний вибір зроблено на користь цього варіанту компоновки.

Для впровадження запропонованого рішення необхідно розробити гідравлічну схему установки, враховуючи використання компактного та потужного гідроциліндра, який забезпечить достатнє зусилля при виконанні операцій.

На рисунку 3.3 представлено гідравлічну схему установки, яка складається з кількох незалежних контурів: системи закачування гумотканинних ємностей та контурів керування гідроциліндрами.

Контур закачування гумотканинних ємностей спроектовано таким чином, щоб забезпечити можливість підключення необмеженої кількості ємностей, за умови, що продуктивність насоса є достатньою. Конструкція цього контуру

передбачає роботу за замкнутою схемою, що сприяє ефективному використанню ресурсу.

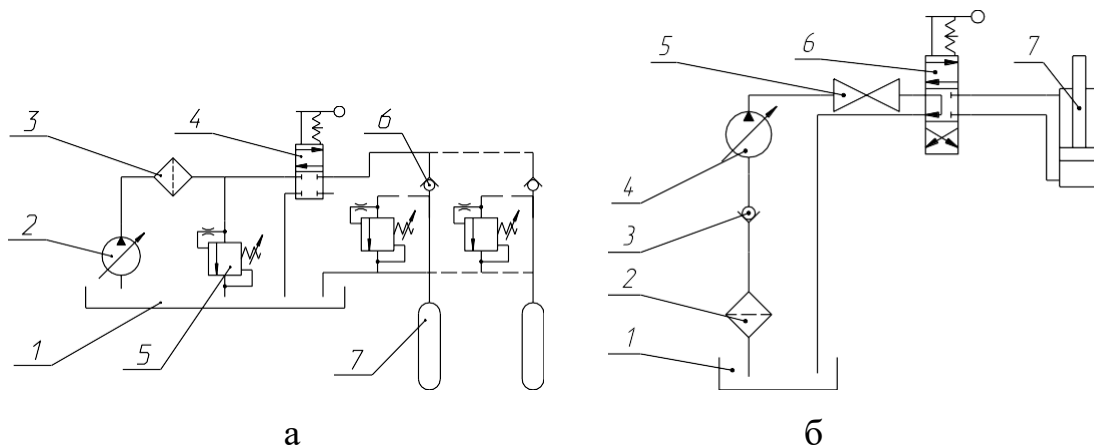


Рис. 3.3. Гідравлічна схема системи :

а) Контур нагнітання рідини в гумотканинні ємності: 1 – резервуар для мастила; 2 – насосний агрегат; 3 – очисний фільтр; 4 – перемикальний клапан; 5 – перепускний механізм; 6 – зворотний клапан; 7 – гумотканинна ємність. б) Контур управління гідроциліндрами: 1 – резервуар для мастила; 2 – фільтрувальний елемент; 3 – зворотний клапан; 4 – насос для створення тиску; 5 – регулювальний вентиль; 6 – перемикальний клапан; 7 – гідроциліндр.

Контур керування гідроциліндрами також побудований за замкнутою схемою. Для усунення втрат робочої рідини, які можуть виникати через значну довжину рукавів, використовується герметично закритий резервуар, що мінімізує контакт із зовнішнім середовищем і сприяє стабільності системи.

Хоча у технічному завданні тип насоса не конкретизується, передбачається застосування шестеренного гідронасоса, який відомий своєю компактністю та високою ефективністю.

На рисунку 3.4 наведено схему підключення двигунів, що використовуються у конструкції стенда.

Схема спроектована з урахуванням передбаченого використання електродвигунів потужністю до 8 кВт, що відповідає технічним параметрам установки. Конструктивних особливостей або специфічних відмінностей схема не демонструє.

На рисунку 3.5 зображено кінематичну схему виробу, на якій виділено найбільш значущі для конструкції розрізи.

У подальшому кожен із цих розрізів буде розглянуто окремо. На основі проведеного детальний аналізу буде визначено оптимальні варіанти компоновки для кожного з них.

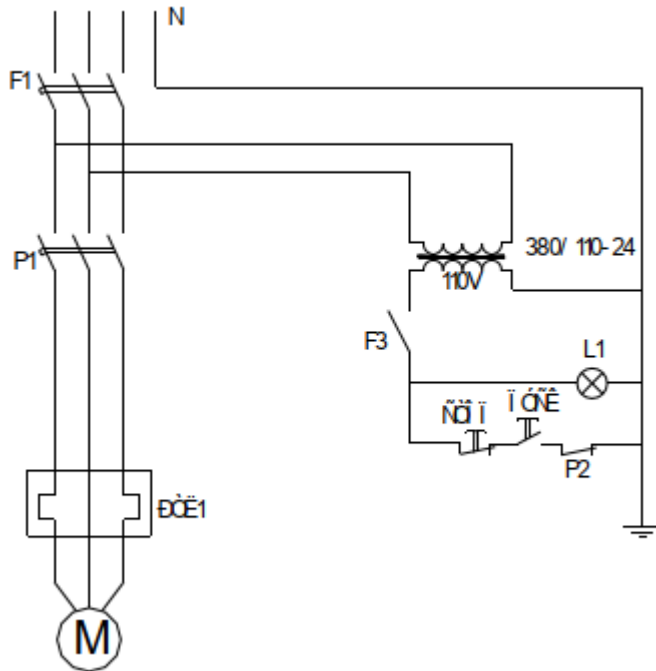


Рис. 3.4. Схема електричного підключення двигунів установки.

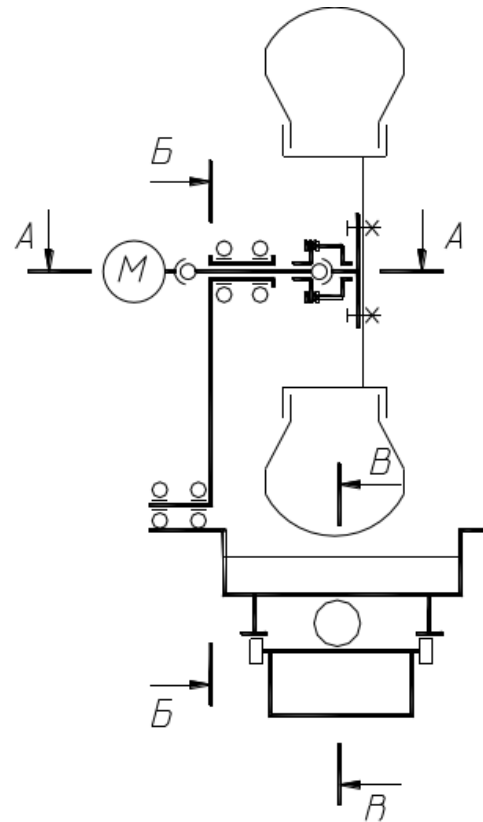


Рис. 3.5. Кінематична схема конструкції стенда.

Для визначення оптимальної компоновки проведемо детальний аналіз запропонованих розрізів. Один із ключових елементів, розріз привідного вузла, представлено на рисунку 3.6.

Для кріплення основного елемента запропоновано використання вузла, запозиченого з конструкції передньоприводного автомобіля. У цьому випадку без змін застосовуються механізм приводу з ШРУС 11, вісь маточини 8 і гальмівний диск із супортом 2. Таке рішення дозволяє імітувати рух колеса з різними рівнями гальмування. [7]

Маточину 4 планується виготовляти індивідуально. Це обумовлено необхідністю забезпечення кріплення різних типів дисків із шиною 1 на стандартний привідний механізм. У цій конструкції кріплення здійснюється шляхом нагвинчування затискача 5 на маточину, а притиск диска реалізується

за допомогою перехідних шайб із штифтами, розташованими у точках кріплення болтів на диску.

Варіанти компоновки привідного вузла за розрізом А-А.

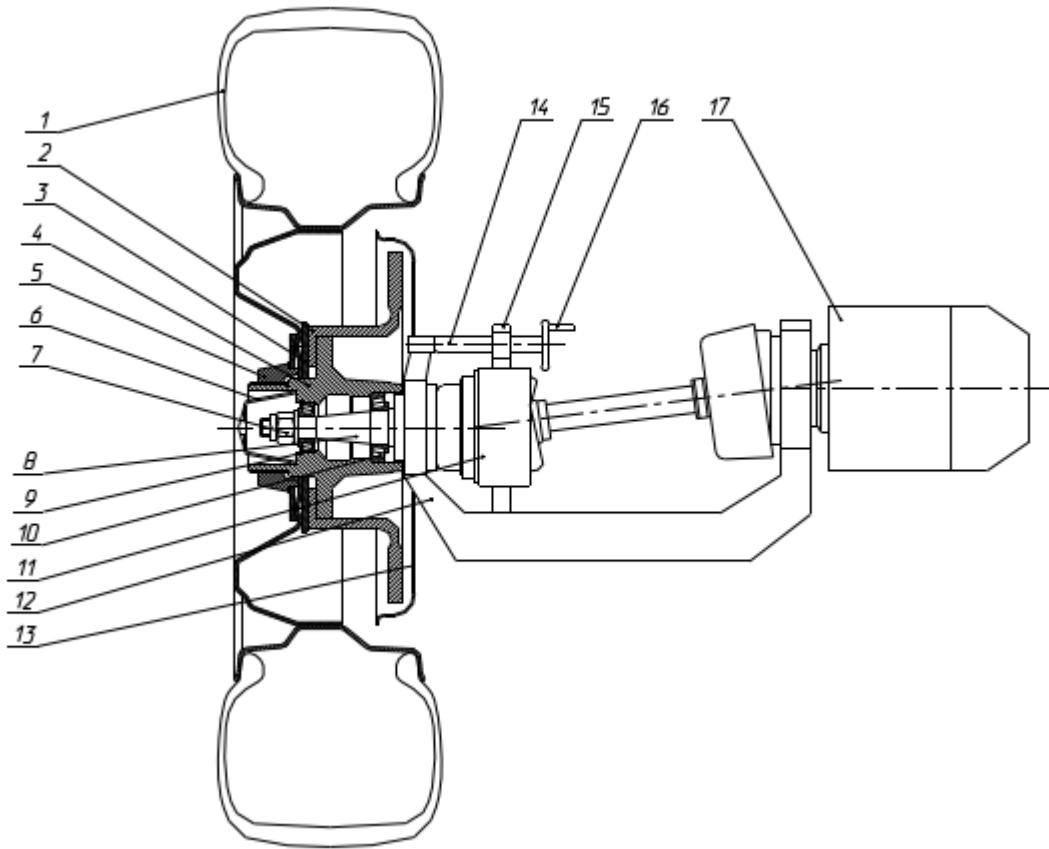


Рис. 3.6. Компоновка за розрізом А-А.

Передача крутного моменту здійснюється від ШРУС 11 до маточини 4, після чого через затискну шайбу 5 момент передається на колесо 1.

Для приводу передбачається використання або високомоментного гідромотора, або мотор-редуктора. Остаточний вибір типу двигуна буде зроблено на основі розрахунку крутного моменту, необхідного для забезпечення заданої швидкості руху.[8]

Крім того, у конструкції передбачено можливість проведення випробувань колеса в умовах бокового зсуву. Для цього вузол буде обладнано механізмом регулювання кута повороту, який складається з гвинтової передачі 14, що через важіль забезпечує необхідне переміщення колеса.

Уся конструкція вузла монтується на балці 12, яка забезпечує надійну стабільність і фіксацію елементів.

Передбачається закріплення колеса 1 на опорній балці 2 з можливістю регульованого нахилу відносно шарнірного вузла 3. Така конструкція дозволяє

забезпечити фіксацію коліс із шинами 1 різних типорозмірів, а також імітувати навантаження, яке виникає на колесо під час експлуатації. Для цього використовується один гідроциліндр 5.

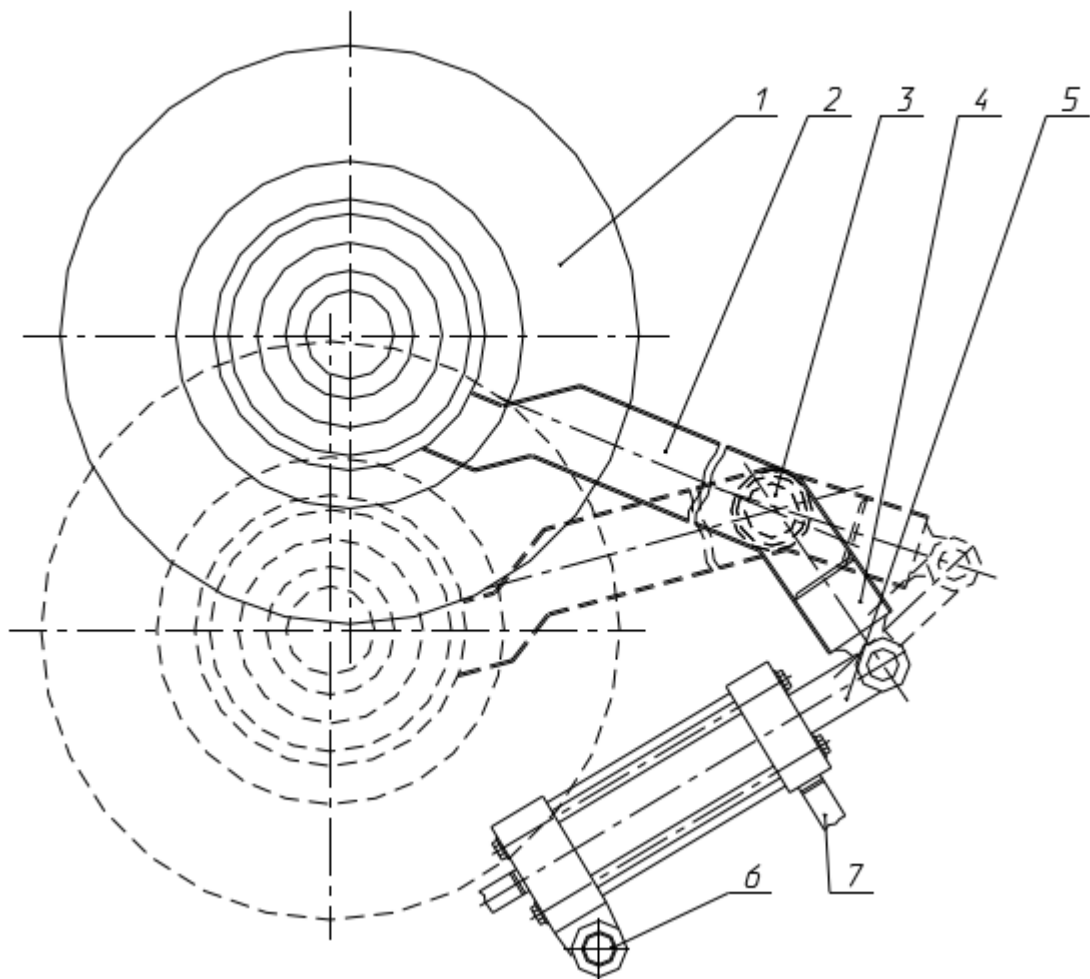


Рис. 3.7. Компоновка вузла нахилу за розрізом Б-Б.

Опорна балка 2 має вигнуту форму, що дозволяє зменшити розміри конструкції та забезпечити компактність вузла. Гідроциліндр 5 кріпиться до балки за допомогою кронштейна 4, який планується надійно приварити до корпусу балки 2.

Враховуючи обмежений кут нахилу та значні зусилля, які діють на вузол під час навантаження, як шарнірний підшипник рекомендується використовувати втулки з бронзи або сплавів на її основі, що забезпечує довговічність і стійкість до деформацій. [9]

Грунтова ванна є сталеву конструкцією 10, нижню частину якої заповнюють гумотканинні ємності 4, детальний опис яких було наведено раніше. Для імітації руху колеса 7 передбачено переміщення всієї ванни 10, при цьому саме колесо 7 залишається нерухомим. Для реалізації такого

переміщення конструкція оснащена напрямними полозами 8, що розташовані в її нижній частині.

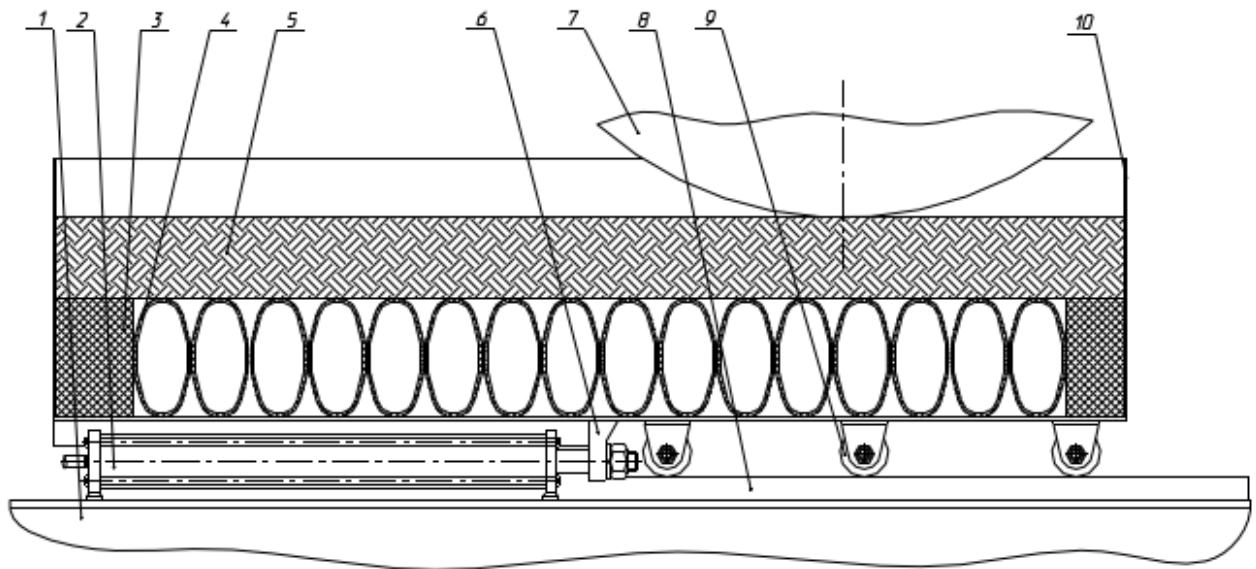


Рис. 3.8. Варіант конструктивного виконання вузла переміщення ґрунтової ванни за розрізом В-В.

Переміщення ванни здійснюється за допомогою опорних роликів 9, розташованих на рівномірній відстані один від одного. У місцях прямого контакту з колесом використовуються ролики меншого діаметра, тоді як у зонах, де ванна переміщується без навантаження, застосовуються ролики більшого діаметра.

Для приводу переміщення пропонується використання гідроциліндра 2, який завдяки компактним розмірам забезпечує високі зусилля, необхідні для роботи.

Габаритні вставки 3 виконують кілька функцій: вони обмежують хід колеса 7 у межах простору, заповненого гумотканинними ємностями 4, і запобігають безпосередньому контакту цих ємностей із внутрішніми стінками ванни 10. Уся система переміщення ванни 10 інтегрована в станину стенда 1, що забезпечує її стабільність і надійність у процесі роботи.

3.2 Розрахунок конструкції стенда для тестування шин автомобілів

Розрахунок конструкції базується на припущенні, що максимальне навантаження на колесо стенда відповідатиме найбільшому навантаженню на

колесо автомобіля конкретної марки. Для моделювання навантаження передбачено використання гідроциліндра, який через важіль передає зусилля на вузол кріплення колеса.

Для визначення розмірів гідроциліндра та його зусиль необхідно проаналізувати схему вузла. Габаритні параметри вузла визначаються довжиною та характеристиками важеля, які були розраховані в ході попереднього етапу компоновки.

Максимальне навантаження приймається для умов повного завантаження автомобіля, що відповідає умовам експлуатації шин автомобілів цієї марки. За повної маси автомобіля 2800 кг максимальне навантаження на одне колесо становить 700 кг. Однак для забезпечення точності розрахунків, враховуючи можливі ситуації перевантаження та нерівномірного розподілу ваги по осях, до розрахунків прийнято навантаження 750 кг. [10]

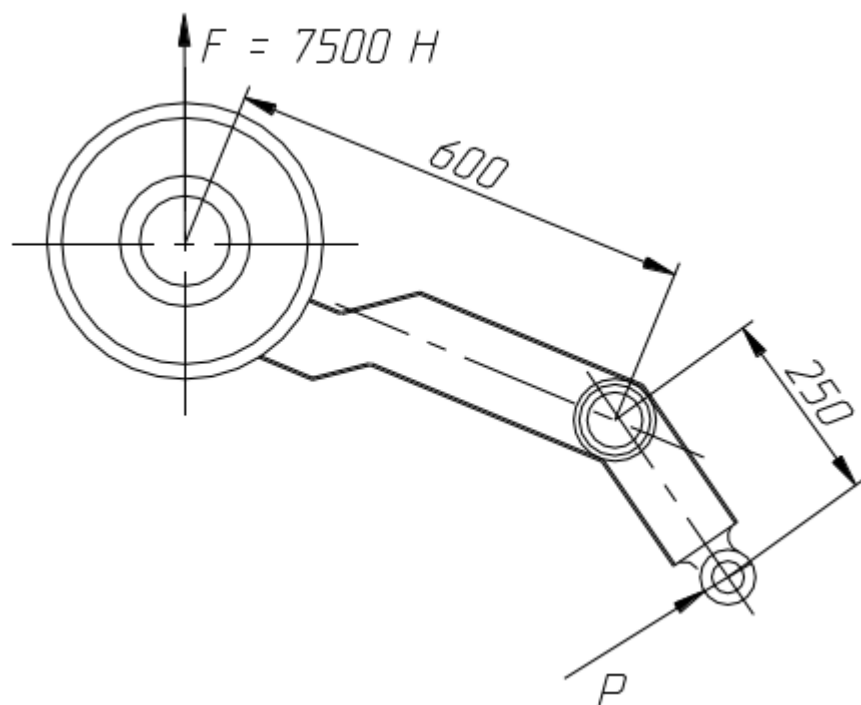


Рис. 3.9. Схема вузла для імітації навантаження на колесо.

Розрахуємо зусилля, яке виникає на штоку гідроциліндра, а також визначимо його необхідні габаритні розміри. Сила, створена під дією прикладеної сили P , розраховується за наступним співвідношенням:

$$W = \frac{P * 0.25}{0.6} \quad (3.1)$$

Знаючи що сила $W = 7500 \text{ Н}$, визначає силу P

$$P = \frac{W * 0.6}{0.25} \quad (3.2)$$

$$P = \frac{7500 * 0.6}{0.25} = 18000 \text{ Н}$$

Розрахуємо основні характеристики гідроциліндра, враховуючи, що максимальне зусилля на штоку становить 18000 Н (1800 кгс).

$$p = 15 \text{ МПа} = 150 \text{ кгс} / \text{см}^2$$

$$F = 1800 / 150 = 12 \text{ см}^2$$

Діаметр гідроциліндра визначається згідно з технічними вимогами.

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi}}, \quad (3.3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12}{3,14}} = 3,91 \text{ см}$$

Для розрахунків прийнято діаметр гідроциліндра $D=40 \text{ мм}$.

Товщина стінки обчислюється на основі встановлених умов:

$$S \geq p * D / (2 * [\sigma_p]) \quad (3.4)$$

$$S \geq 15 * 0,04 / (2 * [51]) = 0,006 \text{ м}$$

Для забезпечення необхідного запасу міцності з коефіцієнтом 1,2 товщина стінки гідроциліндра визначається як $S=6 \cdot 1,2=7,2 \text{ мм}$. Остаточно для даного елемента приймаємо товщину стінки 7 мм.

Розрахунок подачі насоса базується на вимогах щодо переміщення колеса з шиною на відстань, достатню для проведення монтажно-демонтажних операцій. Відповідно до попередньої компоновки, це переміщення складає 0,17 м за час 0,5 хв. Хід поршня при цьому становить 170 мм.

Подача насоса визначається за формулою:

$$G = \frac{\pi * D^2 * L}{4 * t} \quad (3.5)$$

$$G = \frac{3,14 * 0,04^2 * 0,17}{4 * 0,5} = 0,0004$$

Подача, необхідна для роботи цього гідроциліндра, складає 0,4 л/хв. Для забезпечення таких параметрів підібрано шестеренний насос, який відповідає отриманим розрахункам щодо хвилинної подачі та робочого тиску. Відповідною моделлю є насос НШ4Е, технічні характеристики якого включають:

- робочий об'єм - 4 см³;
- подача - 0,46 л/хв;
- тиск нагнітання - 15 МПа;
- частота обертання - 1500 об/хв;
- потужність - 2,93 кВт;
- об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД) - 0,85.

Розрахунок мінімального внутрішнього діаметра трубопроводу для рідини здійснюється за такою формулою:

$$d = \sqrt{\frac{21,22 * Q}{v}}, \text{ мм}$$

$$d = \sqrt{\frac{21,22 * 0,46}{6}} = 1,63 \text{ мм}$$

Відповідно до стандартного сортаменту обрано рукави з внутрішнім діаметром 5 мм.

Товщина плоского дна гідроциліндра розраховується за наступною методикою:

$$b = 0,405 \sqrt{P_{MAX} / [\sigma_P]}. \quad (3.6)$$

$$P_{max} = 15 \text{ МПа}$$

$$b = 0,405 \sqrt{15 / 80} = 17.5 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину плоского дна гідроциліндра рівною 18 мм.

Перейдемо до розгляду розрахунку системи переміщення ґрунтової ванни. У якості механізму переміщення обрано гідроциліндр. Цей вибір зумовлений тим, що використання електродвигуна у поєднанні з гвинтовим механізмом потребувало б застосування реверсивного електродвигуна для забезпечення зворотного ходу. Це значно ускладнило б конструкцію та суттєво підвищило її вартість.

Виконаємо розрахунок зусилля, необхідного для переміщення ґрунтової ванни. Загальне зусилля визначається як сума опору коченню колеса по ґрунту та опору коченню ванни по напрямних рейках.

Для початку розрахуємо опір коченню колеса по ґрунту.

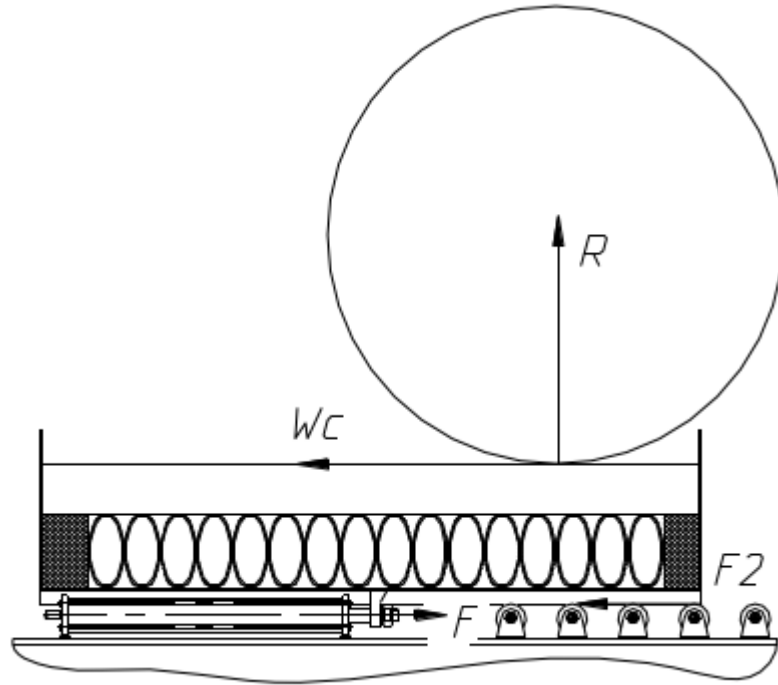


Рис. 3.10. Сили, які діють під час переміщення ґрунтової ванни.

Розрахунок проводиться за наступною формулою:

$$Wc = fk * R * \cos \beta + R * \sin \beta, \quad (3.7)$$

$$fk = 0,25, \beta = 1,5^\circ, R = 7500 \text{ Н.}$$

$$Wc = 0,25 * 7500 * 0,9997 + 7500 * 0,0262 = 2070,94 \text{ Н}$$

$$P = Wc$$

Розрахуємо основні характеристики гідроциліндра, спираючись на максимальне зусилля на штоку, яке дорівнює 2071 Н (207,1 кгс).

Площа поршня обчислюється за наступною формулою:

$$F = P / p, \quad (3.8)$$

$$p = 10 \text{ МПа} = 100 \text{ кгс/см}^2$$

$$F = 207,1 / 100 = 2,1 \text{ см}^2$$

Діаметр гідроциліндра визначається відповідно до умов експлуатації. Ураховуючи невеликий діаметр циліндра, потребу у забезпеченні значного ходу та конструктивну умову $l \leq 10 \cdot d$, де d - діаметр циліндра, остаточне

значення діаметра визначається конструктивно. При цьому сили опору коченню ванни по роликах не враховуються через достатній запас потужності, який забезпечується збільшенням діаметра циліндра.

З рисунка видно, що для створення крутного моменту $M_{кр}$ на осі при вертикальному навантаженні R на колесо необхідно генерувати силу, яка дорівнює $W_c + F_2$.

Розрахунок сили опору сила F_2 визначається як опір коченню по роликах, з урахуванням навантаження як від колеса, так і від маси ванни. Передбачається, що загальна маса ванни разом із гумотканинними ємностями, заповненими рідиною та ґрунтом, складає приблизно 200 кг. У такому разі сумарне навантаження на ролики дорівнює $7500 + 2000 = 9500 \text{ Н}$.

Згідно з попередньою компоновкою, ванна в місці контакту з колесом спирається на 6 роликів. Тому навантаження, яке сприймає один ролик $9500 = 1583,33 \text{ Н}$.

Коефіцієнт опору коченню (гумова поверхня по металу) становить $\phi = 0,013$.

Сила опору на кожному ролику розраховується за формулою $F_{ролик} = N \cdot \phi$, де N - навантаження на ролик, ϕ - коефіцієнт опору коченню.

$$F_2^1 = 1583,33 * 0,013 = 20,58 \text{ Н}$$

Відповідно, сила опору:

$$F_2 = 20,58 * 6 = 123,5 \text{ Н.}$$

Сумарне значення сили опору:

$$W_c + F_2 = 2071 + 123,5 = 2194,5 \text{ Н.}$$

Зважаючи на те, що діаметр випробуваного колеса становить $d = 0,6 \text{ м}$, визначаємо значення крутного моменту наступним чином:

$$M_{кр} = (W_c + F_2) * d \quad (3.9)$$

$$M_{кр} = 2194,5 * 0,6 = 1316,7 \text{ Н*м}$$

У конструкції передбачається використання високомоментного гідромотора. Для забезпечення необхідних характеристик обрано аксіально-поршневий двигун моделі АП-16-2 з такими технічними параметрами: крутний

момент становить 1600 Н·м, а частота обертання знаходиться в межах $n=12-0$ об/хв. [11]

Перейдемо до розрахунку реакції, що виникає в роликових опорах ванни.

Навантаження, створюване колесом автомобіля та вагою ванни, рівномірно розподіляється між шістьма опорами, розташованими в точках контакту колеса з поверхнею ґрунтової ванни. Значення навантаження на кожну з опор визначаються на основі попередніх розрахунків.

$$R = 1583,33 \text{ Н.}$$

Реакція на кожному кінці осі ролика обчислюється за формулою:

$$R_1 = 1583,33 * 0,5 = 791,67 \text{ Н}$$

Враховуючи загальну довжину осі, визначену в процесі попередньої компоновки ($l=80\text{мм}$), вигинальний момент розраховується як:

$$M_{\text{вг}} = R_1 * 0,08$$

$$M_{\text{вг}} = 791,67 * 0,08 = 63,33 \text{ Н*м}$$

Щоб визначити мінімально допустимий діаметр осі опорного ролика, виходячи з відомого значення вигинального моменту, застосовується така формула:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 * M_{\text{вг}}}{[\sigma]}}, \text{ м} \quad (3.10)$$

$$[\sigma] = 140 \text{ МПа}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 * 63,33}{140 * 10^6}} = 0,0165 \text{ м}$$

Встановлено, що мінімальний діаметр осі ролика становить 16,5 мм.

Вибір підшипників для осей здійснюється на основі розрахованих значень діаметрів валів. При цьому враховуються низький рівень динамічних навантажень та висока здатність підшипників витримувати статичні навантаження.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналіз площі контакту колеса

Контактна ділянка представляє собою слід колеса на опорі. У стаціонарному стані ця ділянка має форму прямокутника або овалу. Втім, коли автомобіль пересувається, контур контактної ділянки переходить від прямокутної до трикутної форми. Площа цієї ділянки під час руху здатна перевищувати її розмір під статичним навантаженням. Вертикальне навантаження варіюється зі зміною центру маси автомобіля, зокрема під час розгону та гальмування, а також під впливом аеродинамічних сил. Високе вертикальне навантаження разом із збільшеною площею контакту забезпечують оптимальне зчеплення із дорожнім покриттям, внаслідок чого створюється значний тиск на дорогу. Тиск колеса на покриття дорівнює співвідношенню нормальної реакції R_z до площі контакту A . Виділяють контурну площу A_k і площу контакту по виступам протектора $A_{пр}$, як зображено на рисунку 4.1.

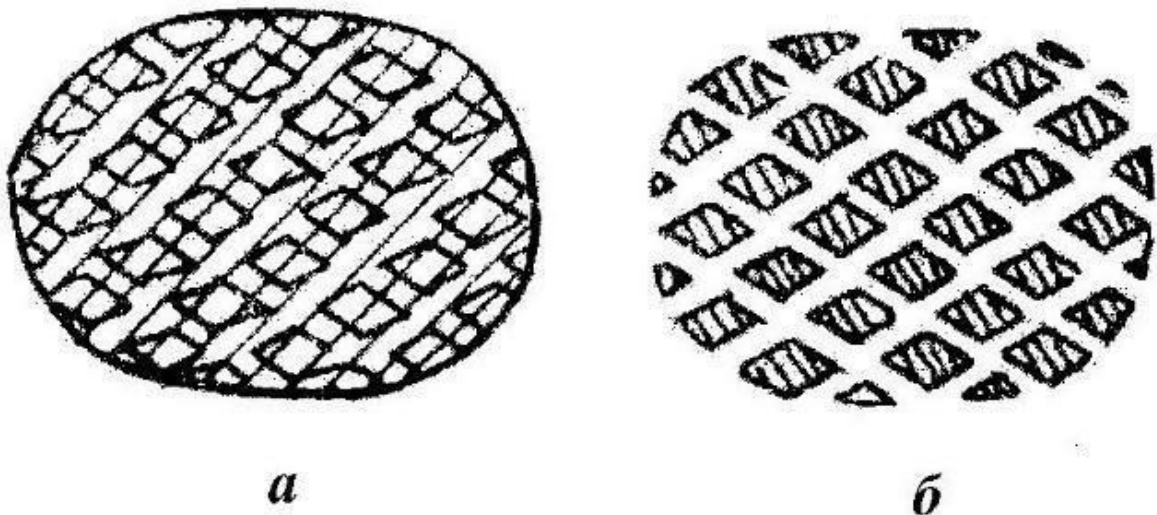


Рис. 4.1. Площа сліду контакту з опорною поверхнею:

а - контурне; б - за виступами протектора.

Середній тиск у зоні контакту колеса визначається як:

$$p_k = R_z / A_k \quad (4.1)$$

Середній тиск колеса, обрахований на підставі виступів малюнка протектора, визначається так:

$$p_{\text{пр}} = R_z / A_{\text{пр}} \quad (4.2)$$

Коефіцієнт насиченості протектора вираховується відповідно до наступної формули:

$$K_H = A_{\text{пр}} / A_k \quad (4.3)$$

Середні тиски p_k та $p_{\text{пр}}$ значно впливають на можливості проходження автомобіля, особливо на деформованих поверхнях. Зниження тиску призводить до меншої глибини колії, а отже, зменшується і опір руху. Щоб запобігти швидкому та інтенсивному зносу дорожнього покриття, існує обмеження на максимальний тиск. Відповідно до національних стандартів, p_k не повинен перевищувати 0,6 МПа, а $p_{\text{пр}}$ - 0,85 МПа. Ці параметри досягаються шляхом регулювання тиску в шинах p_B , що визначається через певні співвідношення. [12]

$$p_k = k_k * p_B, \quad (4.4)$$

Де k_k - коефіцієнт, що враховує жорсткість шини, значення якого знаходиться в межах 1,1...1,2.

На основі вищевикладеного можна дійти висновку, що площа контактної плями безпосередньо впливає на тиск, який шина створює на дорожню поверхню. Зміна цієї площі може викликати як підвищення, так і зниження тиску, що, у свою чергу, позначається на значеннях коефіцієнта зчеплення і коефіцієнта тертя. Варто також звернути увагу на те, що зі збільшенням площі контактної плями зростає кількість мікровиступів, які взаємодіють із шиною, а це призводить до підвищення коефіцієнта зчеплення.

4.2 Нормальне навантаження на шину

Контактна пляма - це зона, через яку автомобіль передає свої навантаження на дорожню поверхню. Вона слугує точкою опори транспортного засобу і є місцем взаємодії між шиною та дорогою, приймаючи на себе всі статичні та динамічні сили. Завдяки своїй еластичності та здатності до пружної деформації, шина, під тиском повітря, може витримувати значні навантаження.

Вертикальне навантаження на колеса передньої та задньої осей залежить від кількох факторів: розташування центру маси автомобіля щодо осей, маси самого транспортного засобу, а також аеродинамічних підйомних сил, які виникають під час руху.

Під впливом нормального навантаження, прикладеного до колеса, шина зазнає деформації, а її контактна площа з дорожньою поверхнею збільшується до моменту досягнення рівноваги між навантаженням і нормальною реакцією опорної поверхні. Цей процес відбувається за майже незмінного внутрішнього тиску в шині. Оскільки об'єм повітря, витісненого під час деформації, є незначним у порівнянні з загальним об'ємом повітря в шинній камері, підвищення тиску через навантаження мінімальне і становить лише 1...2% від номінального значення. Однак, навіть це незначне підвищення тиску супроводжується суттєвою роботою стиснення повітря, пов'язаною з деформацією шини. [13]

Розподіл ваги автомобіля між передньою та задньою осями визначається за такими формулами:

для передньої осі:

$$R_{zNF} = mg \cdot b/L, \quad (4.5)$$

для задньої осі:

$$R_{zNR} = mg \cdot a/L \quad (4.6)$$

Під впливом вертикального навантаження F_z шина зазнає деформації. У стані спокою розподіл тиску в зоні контактної плями є нерівномірним і приблизно відповідає характеру нормальної деформації шини. Графічне зображення розподілу тиску наведено на рисунку 4.2. У набігаючій ділянці (1-2) і збігаючій ділянці (2-3) розподіл тисків є симетричним, що зумовлює прикладення рівнодійної сили, яка дорівнює реакції R_z , у точці 2, яка знаходиться в середині контактної лінії.

Під час обертання колеса кожен елемент шини піддається циклу змінних навантажень: у набігаючій зоні він зазнає стиснення, а в збігаючій - повертається до свого первісного стану. У кожній точці зони контакту виникає

Рис. 4.3. Взаємодія рухомого колеса з опорною поверхнею: а – розподіл тисків у зоні контакту; б – характеристика пружності шини.

Як показує рисунок, крива навантаження (1-2) проходить вище за криву розвантаження (2-3), що свідчить про наявність гістерезисних втрат у шині. Заштрихована ділянка між цими кривими формує петлю гістерезису, яка є індикатором енерговтрат під час деформації шини за один оберт. Ця втрачена енергія перетворюється на тепло, що нагріває покриття. У разі тривалого руху температура шини може досягати 100...120 градусів.

4.3 Навантаження шини бічними силами

У реальних умовах руху автомобіля на нього практично постійно впливають бічні сили. До них належать: сила вітру, складова сили тяжіння при русі на похилій поверхні, сили, що виникають унаслідок наїзду на нерівності, відцентрова сила на поворотах, інерційні сили, а також сили, викликані різницею продольних реакцій на колеса правого та лівого бортів автомобіля, що створюють поворотний момент. Бічна піддатливість шини відіграє ключову роль у забезпеченні її ефективної роботи, а також впливає на керованість і стійкість автомобіля. Процес бічної деформації шини є досить складним і схематично відображений на рисунку 4.4. [14]

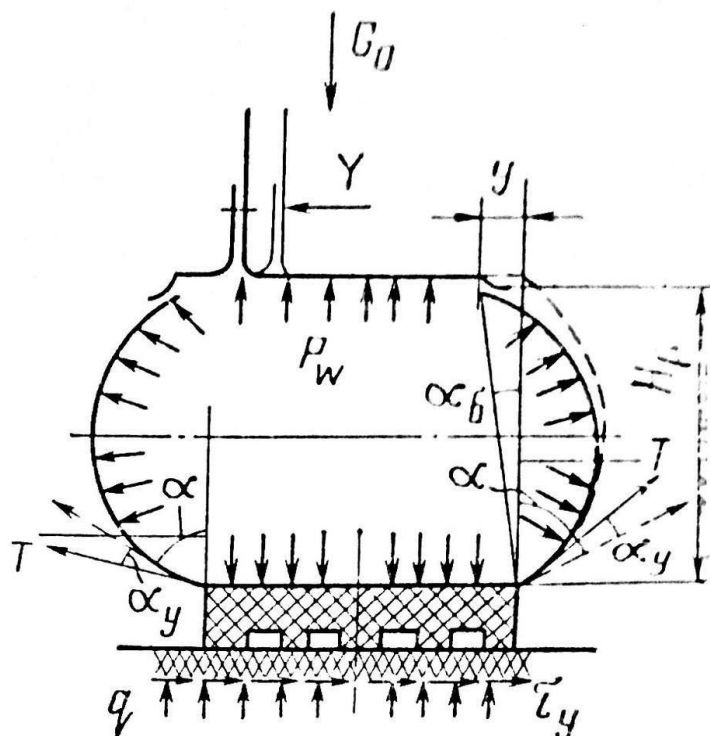


Рис. 4.4. Поперечний переріз шини при дії нормальної та бічної сили: T – сила натягу нитки корду; α_b – кут зміщення обода; y – бічне зміщення обода.

Під дією бічної сили F_y поперечний профіль шини зазнає перекосу і стає асиметричним відносно вертикальної площини, яка проходить через центр контактної плями та перпендикулярна до осі колеса. Проекції сили натягу в нитках лівої та правої боковин шини на горизонтальну площину через такий перекош стають нерівними. Таким чином, бічна сила врівноважується різницею проєкцій сил натягу T на горизонтальну вісь, тобто.

$$F_y = T \cdot \sin(\alpha + \alpha_y) - T \sin(\alpha - \alpha_y) \quad (4.7)$$

Враховавши те

$$\alpha_y = y/H \quad (4.8)$$

$$T = p_w \cdot r \quad (4.9)$$

отримаємо

$$F_y = 2p_w \cdot (y / H) \cdot r \cdot \cos \alpha \quad (4.10)$$

Дослідження показали, що підвищення тиску повітря в шині може призводити до зменшення бічної жорсткості. Це пояснюється тим, що скорочення довжини контактної плями має більш значний вплив, ніж збільшення натягу ниток каркаса. [15]

Бічну жорсткість шини визначають за залежністю бічного зміщення колеса від прикладеної бічної сили, як зображено на рисунку 4.5.

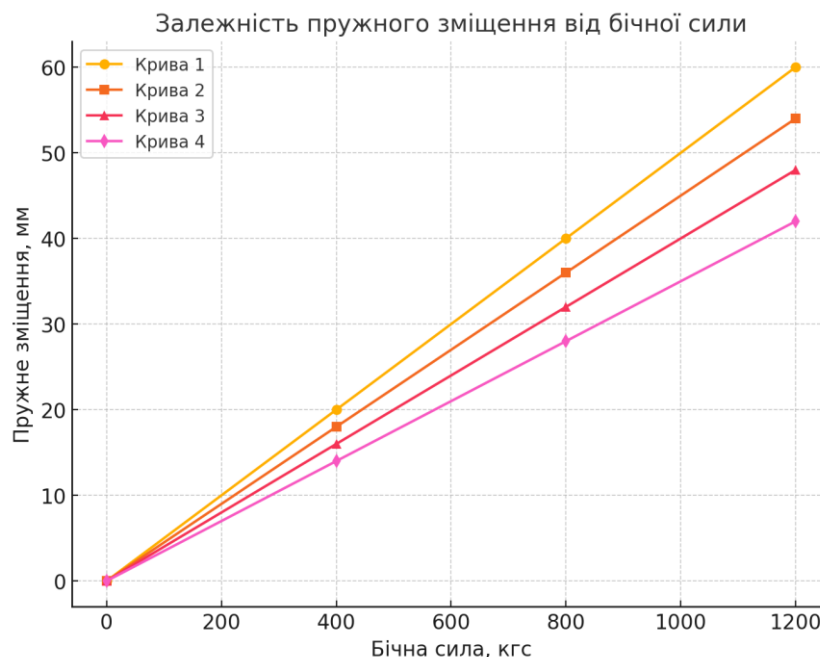


Рис. 4.5. Взаємозв'язок між бічним пружним зміщенням колеса та бічною

силою при навантаженні 2300 кгс і різних рівнях тиску повітря:

1 - $p_w = 3,5 \text{ кгс/см}^2$; 2 - $p_w = 4,5 \text{ кгс/см}^2$; 3 - $p_w = 5,0 \text{ кгс/см}^2$; 4 - $p_w = 6,0 \text{ кгс/см}^2$.

Величина бічної жорсткості шини характеризується тангенсом кута нахилу кривої, тобто є похідною залежності між бічним навантаженням і бічним зміщенням. Ця залежність залишається лінійною до моменту початку ковзання. Отже, бічна жорсткість колеса є майже постійною величиною і незначно залежить від величини бічного зміщення. [16]

4.4 Бічне зміщення та кут відхилення

У момент, коли водій повертає кермо, автомобіль починає здійснювати поворот. Незабаром після цього інерція транспортного засобу створює відцентрову або інерційну силу, яка намагається витіснити автомобіль із траєкторії повороту. Ця сила, яка є непрямою та виникає внаслідок інерційних ефектів, передається на шини, спричиняючи їхнє бічне зміщення.

На рисунку 4.5 схематично зображено, як шина виглядає до і після деформації. Ліва частина демонструє стан шини під час прямолінійного руху без явищ ковзання, а права частина ілюструє деформацію шини, викликану бічним відхиленням під дією інерційних сил.

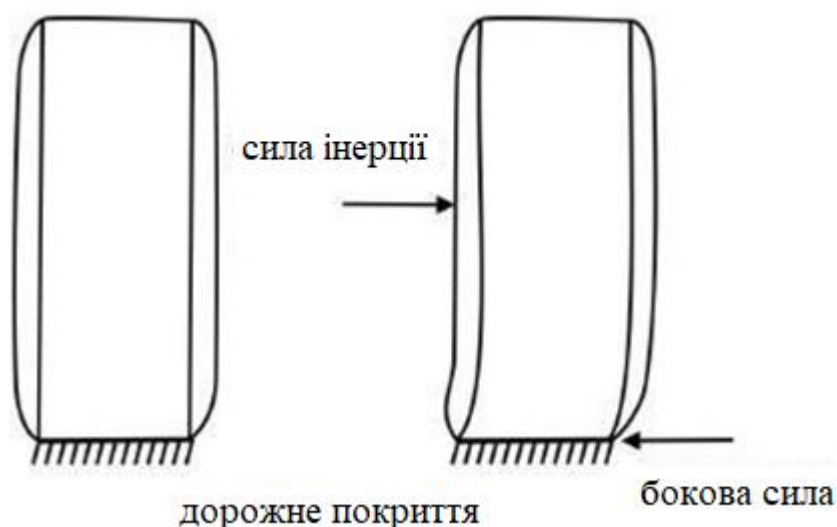


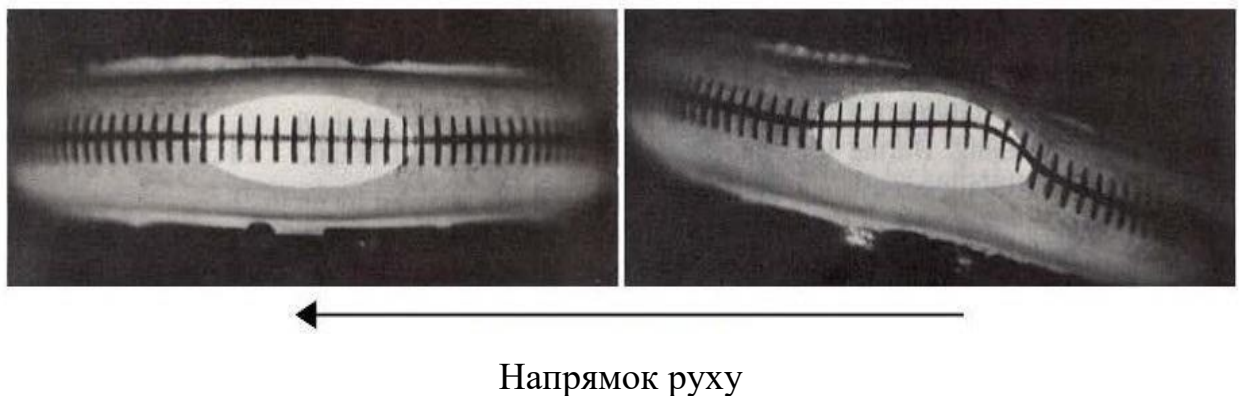
Рис. 4.6. Деформація шини в умовах повороту.

Бічне відхилення шини відбувається з двох основних причин. По-перше, шина має властивість еластичності під час здійснення повороту. Це означає, що

зона шини, яка перебуває в контакт з дорожньою поверхнею (контактна пляма), не здатна обертатися з такою ж інтенсивністю, як решта шини. У цьому контексті обертання означає поворот колеса навколо вертикальної осі. Через цю еластичність точки, що знаходяться в межах контактної плями, також зазнають певного бічного відхилення.

Коли покриття піддається скручуванню, частинки, які перебувають у межах контактної плями, постійно намагаються повернутися до свого початкового стану. У процесі вони зазнають бічного зміщення, проходячи через передній край контактної плями, її центральну частину та задній край. Водночас, через те, що частинки шини взаємопов'язані, деформація починається ще до того, як частинка досягне переднього краю контактної плями, і завершується тільки після виходу гуми з контактної зони.

На рисунку 4.7 представлено процес деформації, який відбувається до, під час та після контакту частинок шини з дорожньою поверхнею. Дане зображення взято з роботи Кларка.



Вільно обертające колесо

Колесо під впливом бокової сили

Рис. 4.7. Бічна деформація у зоні контактної плями

Однією з основних причин бічної деформації є зчеплення між шиною та дорожньою поверхнею, яке запобігає її бічному ковзанню під дією інерційної сили, що спрямована назовні під час виконання повороту. Це поєднання фізичних ефектів змушує шину зміщуватися в напрямку, протилежному до її початкового руху.

Як приклад, можна уявити людину, яка рухається прямо, але при цьому кожен її крок супроводжується зміщенням ніг убік на кілька сантиметрів. У

результаті траєкторія руху ніг буде мати певний кут щодо напрямку її руху.

Аналогічний процес відбувається у зоні контактної плями шини.

Коли на колесо з високою бічною жорсткістю прикладається бічна сила, його траєкторія руху залишатиметься в межах поздовжньої площини, доки величина бічної сили не перевищить силу зчеплення з дорожнім покриттям. У разі перевищення цієї межі виникає явище ковзання колеса, яке називають бічним заносом.

На відміну від цього, якщо бічна сила діє на еластичне колесо під час його котіння, процес відбувається зовсім інакше. Деформація шини призводить до того, що колесо котиться під певним кутом до поздовжнього напрямку швидкості. Це явище відоме як бічний увід, а кут, під яким відбувається рух колеса, називається кутом бічного уводу. Розуміння цього явища має важливе значення для аналізу поведінки автомобіля під час поворотів. Водночас слід зазначити, що в такій ситуації ковзання між шиною та дорожньою поверхнею не виникає.

За відсутності бічної сили під час котіння колеса точки, які лежать на середній лінії його поверхні, контактуватимуть із дорогою в межах площини обертання. У такому випадку бічний увід не спостерігатиметься, як це показано на рисунку 4.8.

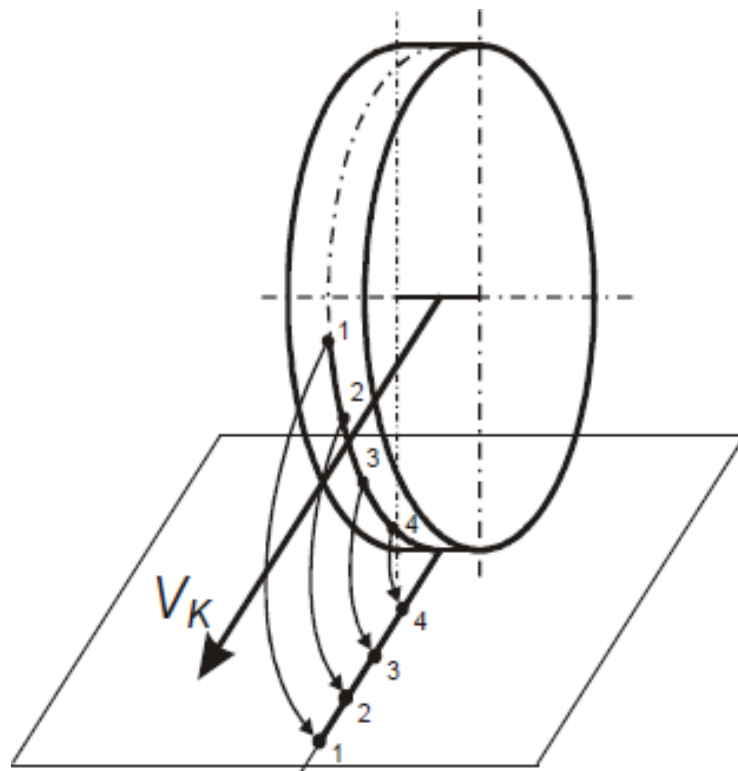


Рис. 4.8. Схема руху колеса без впливу бічної сили.

Під впливом бічної сили середня лінія шини деформується, оскільки центр колеса зміщується в напрямку дії цієї сили. У процесі котіння точки, розташовані на середній лінії, вступають у контакт із дорожньою поверхнею під кутом до площини обертання колеса, як зображено на рисунку 4.9.

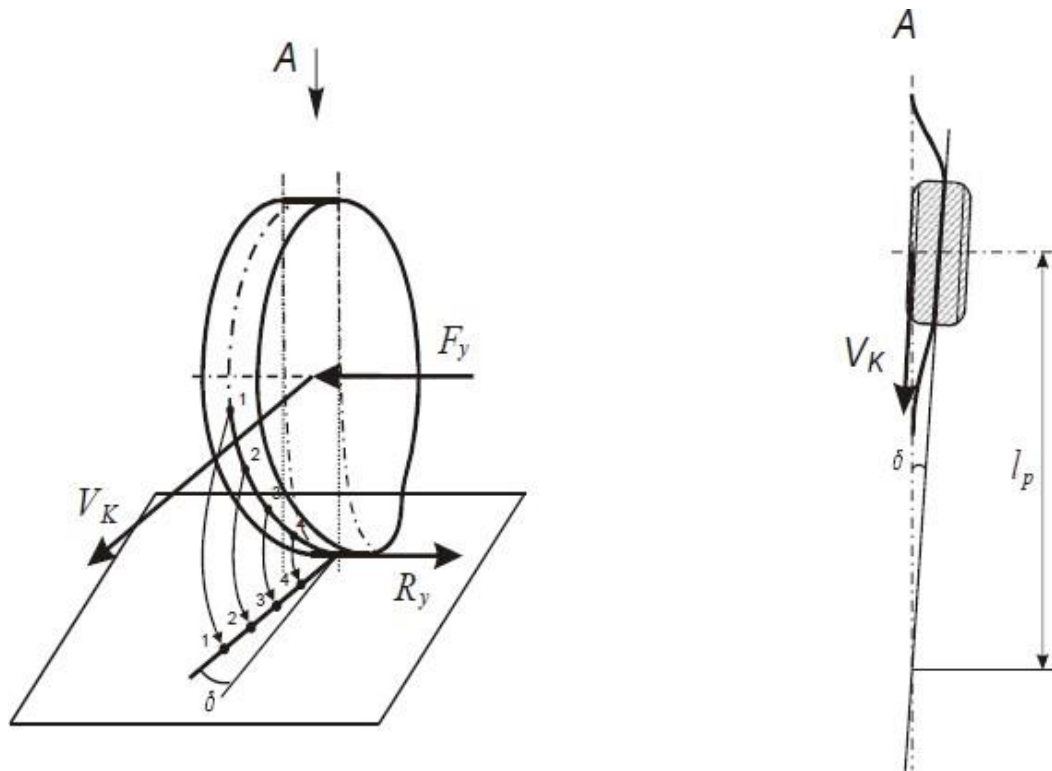


Рис. 4.9. Схематичне зображення котіння колеса під впливом бічної сили

За невеликих значень кута уводу ковзання в зоні контактної плями практично не відбувається. У таких умовах контактна пляма, не змінюючи своєї форми, повертається на величину, що дорівнює куту уводу. Розмір кута уводу залежить від бічної жорсткості шини та довжини шляху релаксації τr .

Через те, що деформація шини в передній частині контактної плями перевищує деформацію в задній частині, рівнодіюча бічної реакції шини зміщується назад. Це зміщення визначається величиною плеча знесення, що наочно ілюструється на рисунку 4.10.

Взаємозв'язок між кутом уводу та бічною силою характеризується нелінійністю, як це представлено на рисунку 4.11. У початковій зоні 0-1 увод виникає внаслідок пружної деформації шини. У задній частині контактної плями ця деформація є значно вираженою, що призводить до появи ковзання. Унаслідок цього контактна пляма змінює форму на схожу з лінзою. Із зростанням бічної сили темпи збільшення кута уводу поступово знижуються,

порушуючи лінійну залежність. Це пояснюється подовженням контактної лінії, що характерно для ділянки 1-2. На цьому етапі скорочується плече знесення бічної сили, що зменшує стабілізуючий момент шини.

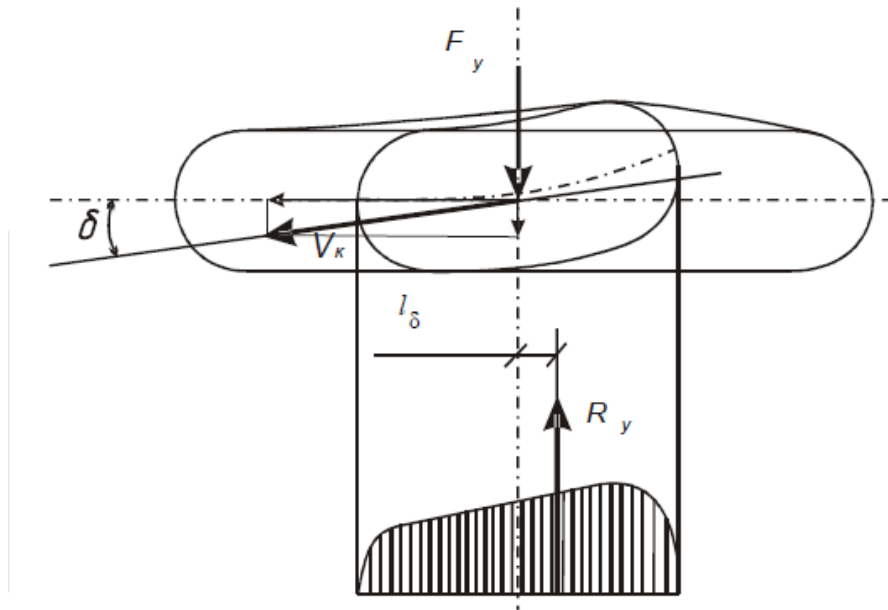


Рис. 4.10. Схема руху колеса з уводом (вигляд зверху).

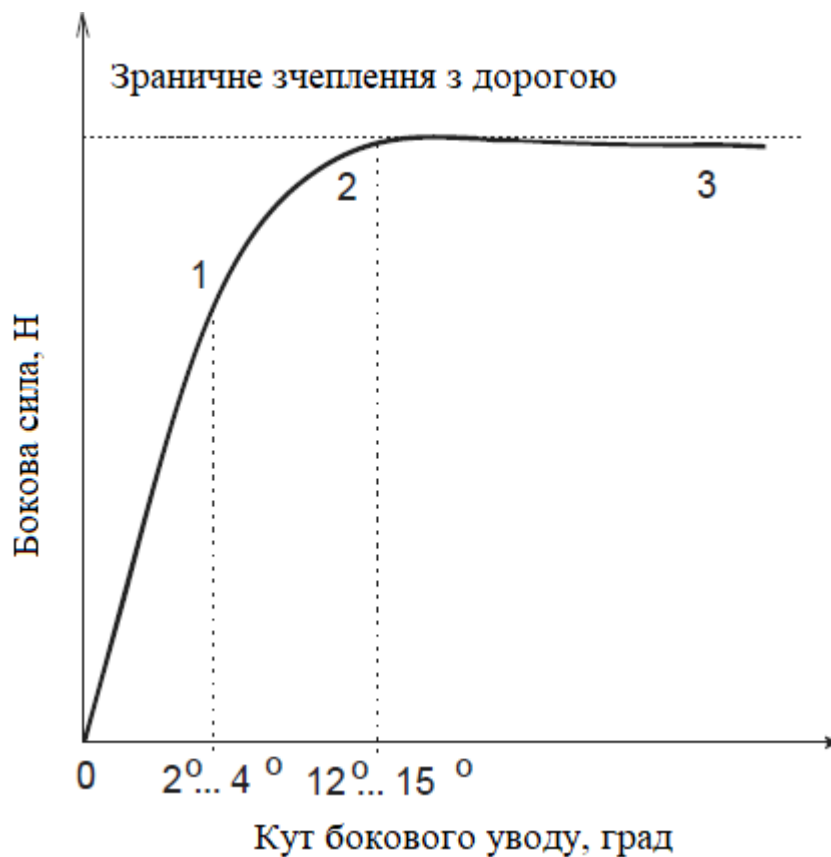


Рис. 4.11. Залежність зміни кута уводу від бічної сили.

У зоні 2-3 шина переходить у стан повного ковзання, де бічна сила стає пропорційною вертикальному навантаженню й залежить від коефіцієнта

зчеплення в поперечній площині. У точці 2 бічна сила досягає свого максимального значення, обмеженого можливостями зчеплення.

На ділянці 2-3 значення бічної сили визначаються за формулою:

$$F_y = \varphi_y * R_z \quad (4.11)$$

Бічне ковзання на твердих сухих покриттях починається за умов, коли кут уводу досягає значень у межах 12...20 градусів.

Якщо кут уводу продовжує збільшуватися до 90 градусів, це може викликати незначне зростання або зменшення бічної сили, прикладеної до колеса. Цей ефект залежить від коефіцієнтів зчеплення у поздовжньому та поперечному напрямках за умов майже повного ковзання (приблизно 100%).

За значних кутів бічного уводу коефіцієнт зчеплення з дорожньою поверхнею починає стрімко зменшуватися. Проте навіть за таких умов, коли кут уводу більший за нуль, можна досягти максимального рівня зчеплення між шиною та дорогою.

Для аналізу поведінки шини застосовується коефіцієнт опору бічному уводу. Він описується як величина бічної сили, яка призводить до утворення кута уводу, що дорівнює одному радіану. Цей коефіцієнт розраховується шляхом визначення першої похідної бічної сили за кутом уводу. У випадку малих значень кута уводу коефіцієнт опору бічному уводу можна подати у такій формі:

$$K_{\zeta} = \frac{R_{y\zeta}}{\zeta} \quad (4.12)$$

На початковій ділянці 0–1 залежність між бічною силою та кутом уводу має наступний вигляд:

$$F_y = K_{\zeta} * \zeta \quad (4.13)$$

Величина цієї залежності обумовлена тиском повітря всередині шини, її конструктивними параметрами та розмірами, величиною навантаження на колесо у поздовжньому напрямку, а також характеристиками та станом опорної поверхні. До цих факторів можна додати і низку інших чинників, що впливають на поведінку шини.

Зменшення коефіцієнта зчеплення у поперечній площині призводить до зменшення кута уводу, а разом з ним - і до зниження коефіцієнта опору бічному уводу.

4.5 Бічна сила

Бічна сила, яка виникає у шині, спричиняє утворення сили пружності. Цю силу називають бічною силою уводу або просто бічною силою. Вона діє перпендикулярно до напрямку руху автомобіля та локалізується в центрі зони контактної плями.

Між бічною силою та кутом уводу існує тісний взаємозв'язок: бічна сила є наслідком кута уводу, тоді як сам кут уводу є результатом дії бічної сили. Наприклад, із збільшенням бічної сили зростає відцентрова сила, що призводить до більшого відхилення шини, а відповідно, і до збільшення кута уводу.

Бічна сила уводу також характеризується здатністю шини протидіяти бічному ковзанню, яке виникає під час здійснення поворотів автомобіля. Ця здатність є ключовим фактором, що впливає на стабільність і керованість транспортного засобу.

Із зростанням кута уводу пропорційно збільшується і бічна сила. Це явище посилюється зі зменшенням радіуса повороту або підвищенням лінійної швидкості автомобіля, адже обидва ці чинники ведуть до збільшення бічного прискорення. На певному етапі зростання кута уводу починає виникати ковзання протектора шини. У разі подальшого збільшення кута ковзання шина входить у стан «зриву», коли ковзання поширюється на всю зону контактної плями.

У процесі здійснення повороту шина функціонує в межах трьох діапазонів: без ковзання, із частковим ковзанням та з повним ковзанням. Ці діапазони прийнято називати відповідно: пружний діапазон, перехідний діапазон і діапазон тертя. При виникненні ковзання між шиною та дорожньою поверхнею з'являється сила тертя, яка зумовлюється бічною реактивною силою (реакцією коліс). На рисунку 4.12, узятому з праці Мілікіна, представлено

графік, що демонструє залежність бічної сили від кута уводу. На цьому графіку чітко видно всі три робочі діапазони.

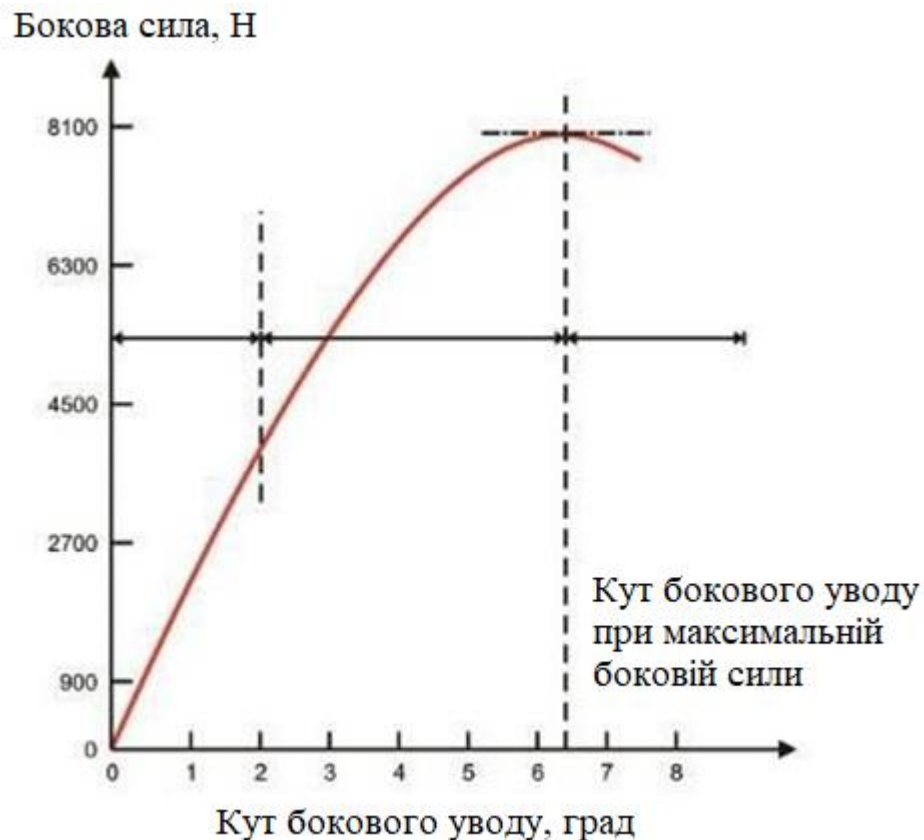


Рис. 4.12. Залежність бічної сили від кута уводу при нормальному навантаженні 8000 Н.

Нахил кривої у лінійній частині, яка відповідає пружному діапазону, визначає поворотну жорсткість шини. Цей параметр є одним із ключових для оцінки поведінки автомобіля під час виконання поворотів і характеризує його стійкість та керованість.

Нижченаведене рівняння ілюструє математичну взаємозалежність між бічною силою F_y , кутом уводу α та поворотною жорсткістю C шини:

$$F_y = C * \alpha \quad (4.14)$$

Максимальна бічна сила, яку може витримати шина, визначається вершиною кривої. Це значення відоме як межа зчеплення. Коли це значення досягається, бічна сила поступово починає зменшуватися. Водій може відчутися це у вигляді зменшення зусилля на кермовому колесі, що є ознакою перевищення межі зчеплення.

Форма кривої відіграє важливу роль у визначенні поведінки автомобіля за умов високого прискорення або перевищення зчеплення шин із дорожньою

поверхнею. Звернемося до рисунка 4.13, узятого з праці Міллікіна. Якщо вершина кривої є різкою, це свідчить про стрімке зменшення коефіцієнта зчеплення під час переходу шини в стан заносу. Такий перехід може несподівано вплинути на керованість автомобіля для водія.

Криві з більш плавними вершинами демонструють поступовий перехід, що дає водієві можливість передбачити момент, коли автомобіль може втратити стабільність і піти у занос. Водночас шини, що мають високі показники сприйняття бічних навантажень (наприклад, гоночні), зазвичай характеризуються різкішим переходом від стану зчеплення до заносу. Це вимагає від водія чи гонщика високої майстерності та здатності передбачати такі моменти для забезпечення ефективного управління транспортним засобом.

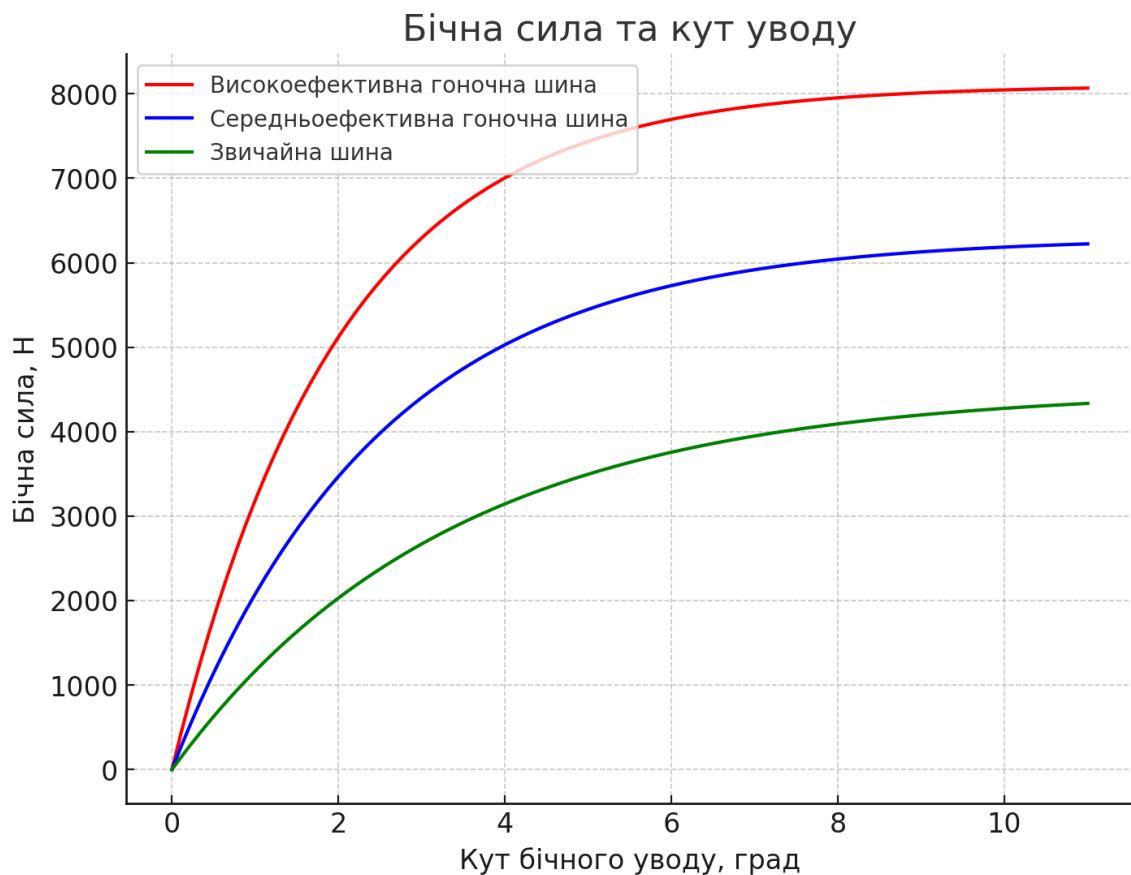


Рис. 4.13. Залежність кута уводу від бічної сили для трьох типів шин (криві є умовними).

Цікавий аспект роботи шин за умов великих кутів уводу полягає в тому, що вони здатні створювати суттєвий опір поступальному руху, який пропорційно збільшується разом із зростанням кута уводу. Отже, у ситуаціях, коли водієві необхідно знизити швидкість, він може обійтися без використання

гальм. Для цього достатньо агресивно направити автомобіль у поворот, що призведе до утворення значного кута уводу.

Для кращого розуміння слід визначити коефіцієнт поперечної сили. Він виконує роль аналога коефіцієнта тертя. У загальному сенсі це метод нормалізації бічної сили шляхом перетворення її в безрозмірну величину. Математично це визначається так:

$$\varphi_{yF} = \frac{F_y}{F_z} \quad (4.15)$$

Результати експериментального дослідження, спрямованого на визначення залежності кута уводу від бічної сили за різних рівнів вертикального навантаження, представлені на рисунку 4.14, адаптованому з роботи Міллікіна.

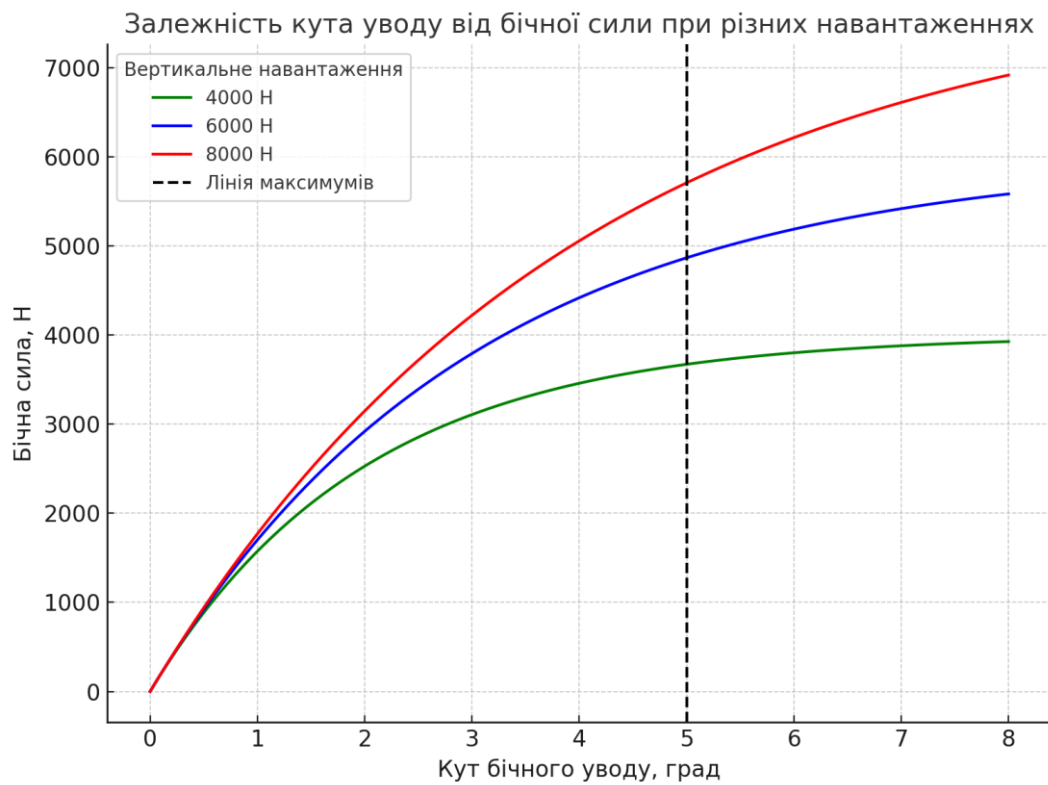


Рис. 4.14. Графік залежності кута уводу від бічної сили при різних вертикальних навантаженнях.

Якщо замість графічного відображення бічної сили побудувати залежність коефіцієнта бічної сили, то отримані результати виглядатимуть так, як це зображено на рисунку 4.15.

Графік залежності коефіцієнта бічної сили від кута бічного уводу

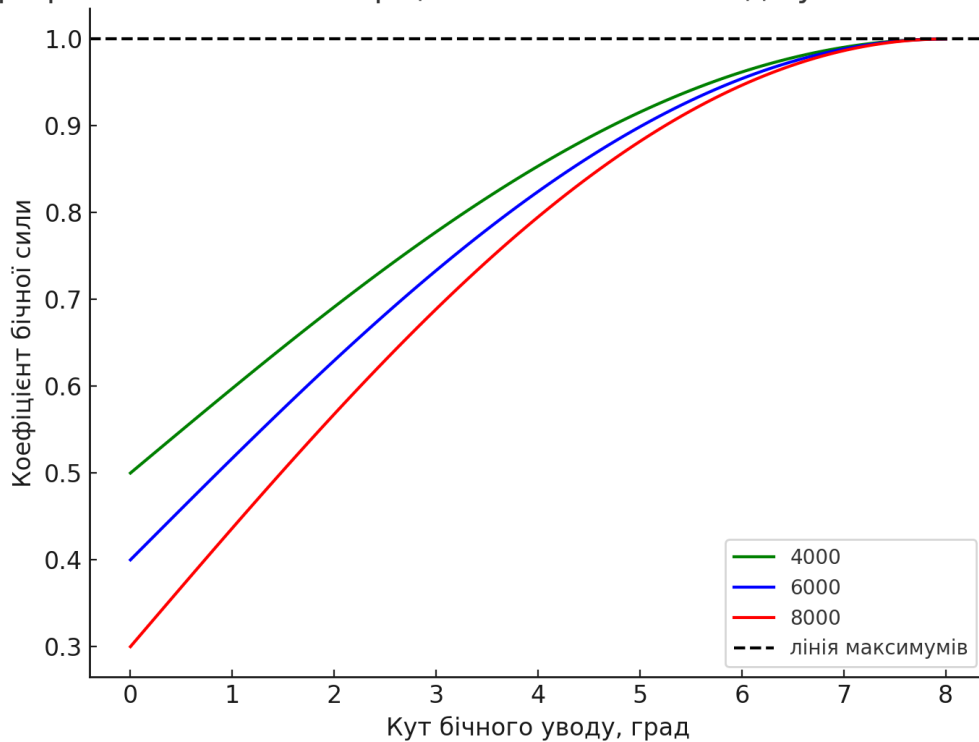


Рис. 4.15. Взаємозв'язок кута уводу та коефіцієнта бічної сили при різних значеннях вертикального навантаження

Графік надає важливу інформацію щодо характеристик шин. Як видно, зі збільшенням вертикального навантаження коефіцієнт поперечної сили поступово зменшується. У той же час, при зростанні вертикального навантаження спостерігається збільшення поворотної жорсткості шини, що відображається на лінійному нахилі кривої (згідно з рисунком 4.14).

Аналізуючи рисунки 4.14 та 4.15, можна зробити висновок, що зі збільшенням навантаження співвідношення F_y/F_z зменшується. Проте, при цьому бічна сила продовжує збільшуватися, хоча й із меншою інтенсивністю. Це явище демонструє нелінійну залежність між вертикальним навантаженням та бічною силою, яка відображена на рисунку 4.16.

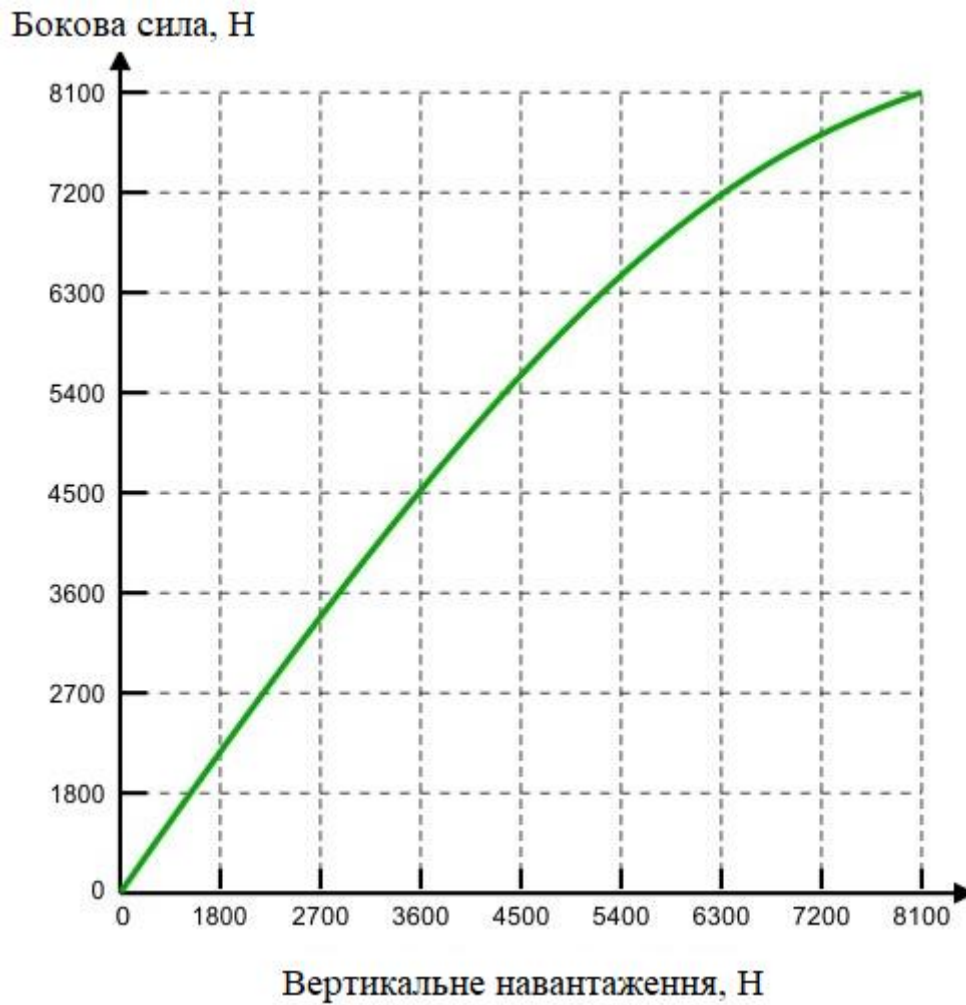


Рис. 4.16. Залежність бічної сили від вертикального навантаження при сталому куті уводу.

Вивчення рисунка 4.16 дозволяє оцінити динаміку пари шин, які функціонують уздовж однієї осі, такої як передня або задня осі транспортного засобу. За умов бічних прискорень відбувається перерозподіл навантаження з однієї шини на іншу. Загальне вертикальне навантаження на ось залишається сталим, однак сукупна бічна сила, яку генерує вісь, зменшується через цей перерозподіл.

Для більш наочного розуміння цього процесу, звернімося до рисунка 4.16, де демонструється вплив зазначених параметрів на поведінку шин.

За умови участі автомобіля у трофі-рейдах з вагою 367 кгс (приблизно 3600 Н) на кожному задньому колесі, можлива теоретична бічна сила на одне колесо, згідно з даними з графіка навантаження рисунка 4.16, становить близько 4500 Н. Це означає, що сумарна бічна сила на вісь може досягти 9000 Н. При розподілі навантаження, який передбачає 50% бічного перерозподілу навантаження між шинами на задній осі, зовнішнє колесо нестиме

навантаження 550.5 кгс (близько 5400 Н), тоді як внутрішнє колесо-лише 183.5 кгс (приблизно 1800 Н).

Повторне звернення до схеми на рисунку 4.16 демонструє, що максимальна можлива бічна сила для зовнішньої шини під час таких умов складатиме близько 6500 Н, у той час як внутрішня шина зможе виробляти тільки 2200 Н. Загалом, загальна бічна сила становитиме приблизно 8700 Н, свідчаючи про втрату частини бічної сили. Відзначимо, що наведена крива є приблизною, але загальна динаміка шини відносно вертикальної навантаження залишається достовірною.

Цей бічний перерозподіл навантаження є критичним для управління гоночним автомобілем і буде використаний у майбутньому для проектування та налаштування автомобіля, аби покращити його керованість та маневреність.

4.6 Характеристики шин та їх вплив на керованість автомобіля

Атрибути шин суттєво впливають на керованість транспортного засобу, особливо значущими є кути уводу. Для забезпечення оптимальної керованості критично важливо максимізувати здатність шин реагувати на бічні та поздовжні навантаження, які виникають під час руху. Це передбачає належне налаштування підвіски та кермових систем.

Конструкційні особливості шин мають значення. Радіальні шини краще протистоять бічному уводу і характеризуються вищим коефіцієнтом опору уводу в порівнянні з діагональними шинами. Проте вони більше схильні до втрати контакту з дорогою при досягненні критичних кутів уводу. Шини з вираженим ступенем зносу також мають підвищений коефіцієнт опору уводу в порівнянні з новими шинами з чітким протектором. Час релаксації для радіальних шин зазвичай більший, ніж для діагональних.

Вплив тиску повітря в шинах суттєво впливає на керованість автомобіля. З підвищенням тиску повітря в шинах зростає коефіцієнт опору при уводі. Це означає, що при зниженні тиску в задніх шинах та одночасному підвищенні в передніх, машина стає більш маневренною; в той час як збільшення тиску в

задніх шинах і зменшення в передніх робить автомобіль менш відгуковим на повороти.

Гнучкість шин у боковому напрямку посилює стабілізаційний момент у системі керування при застосуванні тягових сил до передніх керованих коліс. Виникаюче внаслідок цього додаткове гнучке зміщення коліс веде до зміни поворотності автомобіля в бік зменшення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз причин травматизму на виробництві

Аналіз виробничого травматизму дозволяє виявити причини і визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму і профзахворюваності. Для аналізу виробничого травматизму застосовують такі основні методи: статистичний, топографічний, монографічний, економічний, метод анкетування, метод експертних оцінок.

Статистичний метод базується^ на вивченні травматизму за документами: звітами, актами, журналами реєстрації. Це дозволяє групувати випадки травматизму за певними ознаками: за професіями потерпілих, за робочими місцями, цехами, стажем, віком, причинами травматизму, обладнанням, яке спричинило травму.

Для оцінки рівня травматизму розраховують показники його частоти та тяжкості:

де $P_{\text{чт}}$ — показник частоти травматизму;

A — кількість випадків травматизму за звітний період; T — середньоспискова чисельність працівників; $P_{\text{тг}}$ — показник тяжкості травматизму; D — кількість днів непрацездатності.

Показник непрацездатності — це число людиноднів непрацездатності, що припадає на 1000 працівників:

$$P_{\text{п}} = D/A \quad (5.1)$$

$$P_{\text{чт}} = A * 1000 / T \quad (5.2)$$

$$P_{\text{нт}} = 1000 * D / T \quad (5.3)$$

Ці показники дозволяють вивчати динаміку травматизму не підприємстві, порівнювати його з іншими підприємствами.

Монографічний метод полягає в детальному обстеженні всього комплексу умов праці, технологічного процесу, обладнання робочого місця, прийомів праці, санітарно-гігієнічних умов, засобів колективного та індивідуального захисту. Іншими словами, цей метод полягає в аналізі:

небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманних лиш тій чи іншій (моно) дільниці виробництва, обладнанню, технологічному процесу. За цим методом поглиблено розглядають всі обставини нещасного випадку, якщо необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування. Дослідженню підлягають: цех, дільниця, технологічний процес, основне та допоміжне обладнання, трудові; прийоми, засоби індивідуального захисту, умови виробничого! середовища, метеорологічні умови в приміщенні, освітленість, і загазованість, запиленість, шум, вібрація, випромінювання, причини нещасних випадків, що сталися раніше на даному робочому місці. Таким: чином, нещасний випадок вивчається комплексно.

Топографічний метод ґрунтується на тому, що на плані цеху (підприємства) відмічають місця, де сталися нещасні випадки. Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою, які вимагають ретельного обстеження та профілактичних заходів. Повторення нещасних випадків в певних місцях свідчить про незадовільний стан охорони праці на даних об'єктах. На ці місця звертають особливу увагу, вивчають причини травматизму. Шляхом додаткового обстеження згаданих місць виявляють причини, котрі викликали нещасні випадки, формують поточні та перспективні заходи щодо запобігання нещасним випадкам для кожного окремого об'єкта.

Економічний метод полягає у вивченні та аналізі втрат, що спричинені виробничим травматизмом.

Метод анкетування. Розробляються анкети для робітників. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків.

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного] обладнання, пристосувань, інструментів, технологічних процесів вимогам стандартів та ергономічним вимогам, що ставляться до машин механізмів, обладнання, інструментів, пультів керування.

Під дією шкідливих факторів на виробництві у робітників можуть виникати гострі професійні або хронічні отруєння і захворювання. Розслідування та облік професійних отруєнь та захворювань здійснюється

згідно з діючим Положенням. Розслідуванню підлягають всі, вперше виявлені, хронічні та гострі професійні отруєння і захворювання. Вплив виробничих факторів не обмежується лише їх роллю як причини професійних захворювань. Давно було помічено, що особи, які працюють з токсичними речовинами, частіше хворіють на загальні захворювання (грип, розлад органів травлення, запалення легень тощо), що ці хвороби проходять у них важче, а процес одужання йде повільніше. Тому, окрім показників частоти та тяжкості профзахворюваності важливо також визначити показники рівня загальної захворюваності. З цією метою розраховують показник частоти випадків захворювань та показник днів непрацездатності які припадають на 100 працюючих:

$$П_{\text{чз}} = 3 \cdot 100 / T \quad (5.4)$$

$$П_{\text{ДН}} = Д \cdot 100 / T \quad (5.5)$$

де 3 — кількість випадків захворювань за звітний період; Д — кількість днів непрацездатності за цей же період; Т — загальна кількість працюючих.

На основі отриманих показників визначають динаміку виробничого травматизму, професійної та загальної захворюваності за відповідний період, яка дозволяє оцінити стан охорони праці на підприємстві, правильність обраних напрямків щодо забезпечення здорових та безпечних умов праці.

Власник підприємства зобов'язаний інформувати працівників про стан охорони праці, причини нещасних випадків, професійних захворювань та про заходи, котрих вжито для їх усунення та для забезпечення умов праці згідно нормативних вимог.

5.2 Проведення санітарної обробки техніки і транспорту

Дезактивація, дегазація і дезинфекція техніки і транспорту може бути частковою і повною.

Часткова дезактивація проводиться з метою зниження ступені зараження техніки і транспорту. Проводиться звичайно після виходу з зараженого району, коли дозволяє обстановка. Для її проведення в першу чергу використовують

підручні засоби, а також розчини для дезактивації і дегазаційні комплекти і прибори. [17]

Повна дезактивація проводиться з метою повного видалення радіоактивних речовин з всієї поверхні техніки і транспорту до допустимих величин зараження.

Способи дезактивації техніки і транспорту: змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість в 5080 разів; змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 1020 разів; видалення радіоактивних речовин переривистим газокрапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами; видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з мотлоху (з клоччя), змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується, в основному, для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту; замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується, в основному, при проведенні часткової дезактивації; видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК4).

При частковій дегазації і дезинфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед оброблюються ті частини і поверхні техніки і транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного обеззаражування або видалення з всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання заражених поверхонь розчинами для дегазації; при відсутності їх можуть бути використані розчинники і розчини для дезактивації. Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, комплектів і приборів або мотлох (клоччя). Повна дезинфекція виконується тими же способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезинфекції. Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезинфекцію техніки і транспорту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Робота організована у п'ять основних розділів, кожен з яких має чітке тематичне спрямування та взаємозв'язок із загальною метою дослідження.

Загально-технічний розділ включає детальний аналіз зчеплювальних властивостей шин, їх вплив на безпеку та ефективність водіння, зокрема через методику буксирування та тестування на дослідницькому стенді. Це формує наукову базу для подальшої розробки і дослідження.

Технологічний розділ фокусується на удосконаленні процесів ремонту шин, що є актуальним для зниження вартості експлуатації автотранспорту і збільшення терміну служби шин.

Конструкторський розділ включає розробку та розрахунок стенда для тестування шин, що дозволяє не тільки перевірити нові технології в ремонті шин, але й впровадити новітні методики тестування.

Науково-дослідний розділ включає комплексне дослідження фізичних параметрів шини, таких як площа контакту, нормальне та бічне навантаження, що має велике значення для аналізу зносостійкості та безпеки водіння.

Розділ охорони праці та безпеки включає аналіз ризиків та методи їх мінімізації на виробництві і під час виконання ремонтних робіт, що є обов'язковою частиною дослідження в умовах збільшення вимог до безпеки робочих місць.

Робота є комплексним науковим дослідженням, яке включає розробку нових технічних рішень та аналіз безпеки їх застосування, а також оптимізацію існуючих процесів у сфері автомобільних шин. Це робить роботу актуальною та важливою для технічного прогресу в автомобільній промисловості, особливо у контексті підвищення екологічних та безпекових стандартів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
4. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
5. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).
6. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.
7. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.
8. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

9. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.
10. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hryniv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.
11. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., NevkoI., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>
12. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.
13. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічна наука. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.
14. Liashuk O., Nevko I., Hud V., Khoroshun R., Nevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.
15. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. -. 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. - 400 с.
16. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.
17. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.